

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**Máster Universitario en Tecnología y Calidad Agroalimentaria**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y  
FÍSICO-QUÍMICA DE ACEITES  
EXTRAÍDOS DE DIFERENTES  
INSECTOS COMESTIBLES.**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Septiembre- 2019**

AUTOR: Carmen María Botella Martínez

DIRECTOR: Manuel Viuda Martos



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

## VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
Manuel Viuda Martos 

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FÍSICO-QUÍMICA DE ACEITES EXTRAÍDOS DE DIFERENTES INSECTOS COMESTIBLES.
Alumno
Carmen María Botella Martínez

Orihuela, a 9 de septiembre de 2019
Juana Fernández López 
Firma tutor del trabajo



## **MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA**

### **REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Título: Caracterización química y físico-química de aceites extraídos de diferentes insectos comestibles.

Title: Chemical and physico-chemical characterization of oils extracted from different edible insects.

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Carmen María Botella Martínez

Director/es/Advisor: Manuel Viuda Martos

Convocatoria: Septiembre 2019

Month and year: September 2019

Número de referencias bibliográficas/number of references: 69

Número de tablas/Number of tables: 4

Número de figuras/Number of figures: 7

Número de planos/Number of maps: 0

Palabras clave (5 palabras): perfil lipídico, aceite, insectos comestibles, picudo rojo, índice aterogénico.

Key words (5 words): lipidic profile, oil, edible insects, red weevil, atherogenic index.



## MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

### RESUMEN:

Los insectos comestibles son tradicionalmente empleados en la dieta de multitud de regiones del mundo. Entre sus múltiples cualidades nutritivas destaca su elevado contenido en proteína, esto hace que uno de sus principales usos sea en forma de harina para la elaboración de piensos o para la elaboración productos para consumo humano. En la elaboración de dichas harinas es necesario un proceso de desgrasado para evitar problemas posteriores de enranciamiento por ello se planteó el análisis de dicha grasa eliminada durante el procesado. Por lo tanto, en el presente estudio, se realizó la caracterización química y físico-química de los aceites extraídos de las harinas de cuatro especies de insectos: *Acheta domesticus*, *Rhynchophorus ferrugineus*, *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio*. A los aceites extraídos se evaluó, la composición de ácidos grasos, parámetros como el color y el índice de pardeamiento, la densidad, el índice de peróxidos, acidez, índice de saponificación y la estabilidad a la oxidación de cada grasa bajo condiciones forzadas. Entre los resultados, destaca la cantidad de ácidos grasos insaturados que superó el 59% en todas las muestras analizadas, destacando el aceite de *T. molitor* con un 75%. Los ácidos grasos insaturados mayoritarios fueron el ácido oleico y linoleico con unos valores entre 25,11-50,96 y entre 3-34,40 g de ácido graso/g muestra. El aceite de *T. molitor*, presentó el menor valor de relación ácidos grasos saturados/ácidos grasos insaturados (0,35), y tanto de resultados para los índices aterogénico (0,38) como el índice trombogénico (0,58) muy bajos. Por otro lado, la muestra que mayor estabilidad a la oxidación forzada presentó fue la del aceite de *R. ferrugineus* con un tiempo de estabilidad de 20 h.

### ABSTRACT:

Edible insects are traditionally used in the diet of many regions of the world. They have many nutritional qualities, in fact their high protein content makes to use it as flour for the production of feed or products for human consumption. In the elaboration of the flours, a degreasing process is necessary to avoid subsequent problems of rancidity, therefore the analysis of the fat eliminated during processing was considered. In the present study, the chemical and physical-chemical characterization of the oils extracted from the flours of four insect species was performed: *Acheta domesticus*, *Rhynchophorus ferrugineus*, *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio*. To the extracted oils, the composition of fatty acids, parameters such as color and browning index, density, peroxide index, acidity, saponification index and oxidation stability of each fat under forced conditions were evaluated. Into the results, the amount of unsaturated fatty acids was higher than 59% in all the samples analyzed, highlighting *T. molitor* oil with 75%. The majority unsaturated fatty acids were oleic and linoleic acid with values between 25,11 and 50,96 and between 3-34,40 g of fatty acid/g sample. *T. molitor* oil had the lowest value of saturated fatty acids/unsaturated fatty acids (0,35), and both results for atherogenic indexes (0,38) and very low thrombogenic index (0,58). On the other hand, the sample that presented the greatest resistance to forced oxidation was *R. ferrugineus* oil with a stability time of 20 h.

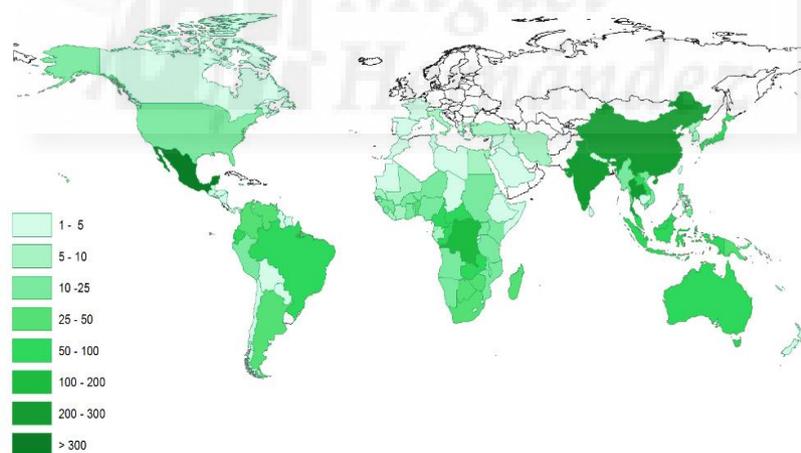
# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Entomofagia</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Principales especies de insectos consumidas como alimento</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Composición</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Insectos usados en el presente estudio</b>	<b>13</b>
1.4.1. Grillo común	13
1.4.2. Gusano de la harina	13
1.4.3. Gusano rey	13
1.4.4. Picudo rojo	14
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Material</b>	<b>14</b>
3.1.1. Colección y preparación de las muestras	14
<b>3.2 Métodos</b>	<b>15</b>
3.2.1. Análisis de composición de ácidos grasos	15
3.2.2. Color	16
3.2.3. Determinación de la densidad	16
3.2.4. Índice de peróxidos	16
3.2.5. Índice de refracción	16
3.2.6. Índice de saponificación	16
3.2.7. Determinación de la acidez	17
3.2.8. Estabilidad a la oxidación	17
3.2.9. Análisis estadístico	17
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Contenido lipídico de los insectos comestibles</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Contenido en ácidos grasos y perfil lipídico de los insectos comestibles</b>	<b>19</b>
<b>4.3. Parámetros físico-químicos de color de las diferentes muestras de aceites de insectos comestibles</b>	<b>28</b>
<b>4.4. Otros parámetros físico-químicos de las diferentes muestras de grasas de insectos comestibles</b>	<b>30</b>
<b>4.5. Estabilidad a la oxidación</b>	<b>33</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>35</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Entomofagia

El término entomofagia, hace referencia a la ingesta de insectos y arácnidos como parte de la alimentación habitual tanto humana como animal. De hecho el término viene del griego *éntomos* que significa insecto y *phāguein* que significa comer. El consumo de insectos se ha llevado a cabo desde la prehistoria, en esta época los humanos consumían huevos, larvas, pupas e insectos adultos y esta tendencia ha continuado hasta la actualidad en diferentes regiones del mundo (Kouřimská y Adámková, 2016). Se estima que los insectos forman parte de las dietas tradicionales de al menos 2 mil millones de personas (FAO y WUR, 2013) y que hoy en día su consumo se practica tradicionalmente en 113 países de todos los continentes (Kouřimská y Adámková, 2016). En concreto, en regiones como Asia, África, Sur- América y América central donde son cultivados o recolectados de la naturaleza y son parte de la dieta tradicional de estas zonas (Mancini *et al.*, 2019). Aunque es difícil conocer la distribución de consumo de insectos en la actualidad, Jongema (2017) realizó un inventario mundial mediante una revisión bibliográfica en la cual se incluyen tanto regiones occidentales, como tropicales y templadas llegando a unas cifras de 1.900 especies consumidas distribuidas según se presenta en la **Figura 1**. En ella se observa que la región donde mayor número de especies se consumen es México con un consumo de más de 300 especies, seguido de China y Tailandia con un consumo entre 200 y 300 especies, tras ésta se encuentran la India, República del Congo y Ecuador con un consumo entre 100 y 200 especies. Entre los países europeos, se observa que en España, Francia, Italia y Grecia se consumen entre 1 y 5 especies de insectos.



**Figura 1.** Consumo de especies de insectos por países. Fuente: Jongema (2017).

Sin embargo, en el resto de Europa no se consume ninguna especie de insecto, de hecho la introducción del consumo de insectos o de productos elaborados con ellos en los países occidentales está siendo algo difícil debido entre otras causas a la neofobia alimentaria. La neofobia alimentaria se define como la dificultad o rechazo a comer alimentos desconocidos por parte de los consumidores (Lombardi *et al.*, 2019). Según varios estudios llevados a cabo en Europa y otras regiones que no presentan un consumo habitual de insectos, el mayor rechazo se presenta en el consumo de insectos crudos frente al consumo de insectos procesados (Schlup y Brunner, 2018). Por otro lado también existe un rechazo

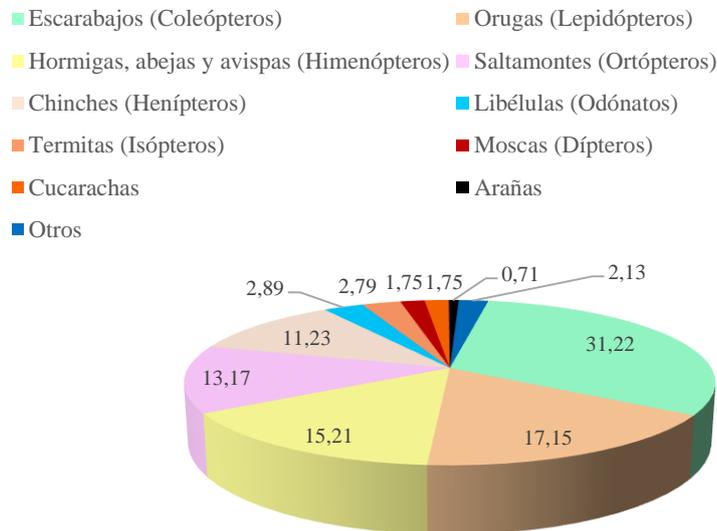
ante productos en los cuales el insecto se vea, prefiriendo los consumidores que se introduzca en un producto elaborado y de una forma que no sea perceptible ni visual ni sensorialmente (Schlup y Brunner, 2018). Existe un tipo de consumidor que se ve motivado por la curiosidad pero que tras esto no consumiría dicho producto de forma habitual (Lombardi *et al.*, 2019). Por otro lado, también hay consumidores con una mayor conciencia medio ambiental y que ven la conveniencia de este tipo de productos, llevándoles dichas creencias a la aceptación de los mismos (Sogari *et al.*, 2019). Por ello, se deben promover las actividades que expongan a los consumidores a productos alimenticios a base de insectos y educar a los mismos sobre la sostenibilidad, los valores nutricionales y la seguridad de estos insectos comestibles (Liu y Zhao, 2019).

Esta creciente introducción del consumo de insectos en occidente se debe principalmente a que la población en el mundo se encuentra en continuo crecimiento y por ello también aumenta la demanda de proteína, pero esta demanda se encuentra con la contraposición de que la cantidad de tierras para cultivo es limitada. En 2050, la población mundial se estima que será más de 9.000 millones de personas, lo que supone una necesidad adicional de un 50% más del consumo actual de alimentos (Van Mierlo *et al.*, 2017). También se estima que en las próximas décadas aumentará un 22% el consumo de proteína animal diario per cápita en países de bajo-medio ingreso y para el 2050 será un aumento del 25%. Por ello se han de buscar nuevas alternativas, para asegurar así la seguridad alimentaria, ya que las fuentes actuales de proteínas serán insuficientes, una de esas fuentes podría ser el uso de insectos comestibles (Kouřimská y Adámková, 2016). El motivo de considerar los insectos como sustitutos y fuente de proteínas fue el lanzamiento de la publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación denominada “Insectos comestibles: perspectivas futuras para la seguridad de los alimentos y piensos” en Mayo de 2013, lo cual aceleró la atención a los usos pasados, presentes y futuros de los insectos en las dietas humanas y como alimento para animales (Gallo, 2019). A partir de esto, fueron incluidos como nuevo alimento a partir del 1 de enero en el Reglamento (UE) 2015/2283 ofreciendo la posibilidad de solicitar a la autoridad la comercialización de productos que no hayan sido consumidos en un grado significativo dentro de la UE antes del 15 de mayo de 1997. Sin embargo, solo unos pocos países de la UE se dotaron de legislaciones internas que regulan el comercio de alimentos a base de insectos, como Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos y Reino Unido. Estos países autorizan a las empresas la producción y venta de insectos como alimento, según los requisitos estándar de la seguridad alimentaria. Además Francia y Alemania comenzaron a legalizar parcialmente la producción y comercialización de insectos comestibles. Países europeos fuera de la UE como Suiza, legalizó los insectos comestibles en 2017 con algunas restricciones a la importación y Noruega promulgó normas nacionales cercanas a la regulación de la UE (Derrien y Boccuni, 2018).

## 1.2. Principales especies de insectos consumidas como alimento

Como ya se mencionó anteriormente la entomofagia es una práctica común en muchas partes del mundo y por ello hay alrededor de 2.000 especies de insectos usados como alimento (Van Huis, 2015), de entre esas especies las cinco principales consumidas por humanos son: Coleópteros (31%), Lepidópteros (18%), Himenópteros (14%), Ortópteros

(13%) y Hemípteros (10%) y pueden consumirse en diferentes estadios de vida; huevos, larvas, pupas o adultos, siendo los coleópteros y lepidópteros los más consumidos en el estadio de larva e himenópteros, ortópteros y hemípteros principalmente consumidos en su estadio adulto (Soraes *et al.*, 2019) . En la **Figura 2**, se puede observar la relación o porcentaje de especies consumidas en el mundo.

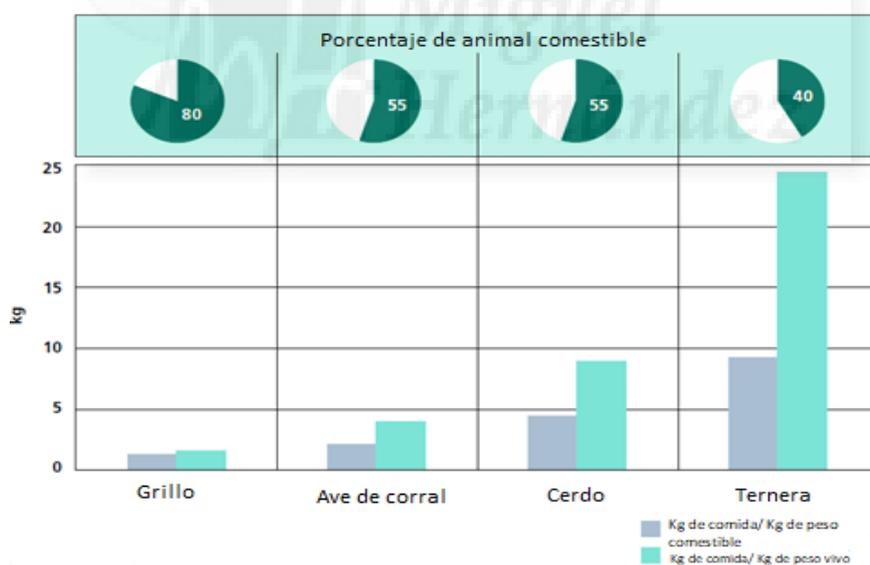


**Figura 2.** Porcentaje de especies consumidas en el mundo. Fuente: Jongema (2017).

La crianza de estos insectos se ha realizado tradicionalmente de forma silvestre, donde se recolectan directamente de la naturaleza. Pero en la actualidad ya se están creando granjas encargadas de su cría y alimentación sobretodo en ciertas especies de insectos domesticadas. Entre estas especies domesticadas las más antiguas son las abejas y los gusanos de seda debido al valor de sus productos más que por el insecto es sí. Aunque existen regiones donde las larvas de las abejas y las pupas de los gusanos de seda se comen como un coproducto de estas industrias. Otras especies de insectos como el grillo y el gusano de la harina se crían con la finalidad de ser empleados como alimentación animal para mascotas en Europa, Norte América y Asia (Van Huis *et al.*, 2013). En la actualidad en regiones templadas existen empresas que producen gran cantidad de insectos como comida para mascotas y cebo de peces, desde grillos (*Gryllodus sigillatus*, *Gryllus bimaculatus*, *Acheta domesticus*), como gusanos (*Zophobas morio*, *Alphitobius diaperinus*, *Tenebrio molitor*) langostas (*Locusta migratoria*), escarabajos (*Pachnoda marginata*), polillas de la cera (*Galleria mellonella*), cucarachas (*Blaptica dubia*) y gusanos de la mosca doméstica (*Musca domestica*) (Van Huis *et al.*, 2013). La microganadería entomológica usa el método zootécnico para la cría intensiva, sin afectar el ambiente, debido a que son cultivados en cautiverio bajo condiciones controladas (FAO, 2014). Pocas son las especies criadas a través de sistemas de “microganaderías”, como el gusano de la seda *Bombyx mori*, las abejas melíferas *Apis melli-fera* y los escarabajos del género *Rhynchophorus*, estos últimos son los insectos no-domesticados más ampliamente cultivados en Asia, África y Latinoamérica (Apolo-Arévalo y Iannacone, 2015). Al criar los insectos en granjas en lugar de recolectarlos de la naturaleza, se consiguen múltiples ventajas, ya que permite controlar

la alimentación de estos, asegurando así la seguridad alimentaria en la alimentación humana y de animales para consumo humano desde el punto de vista de la salubridad, facilitando la transparencia y la trazabilidad en estos alimentos como sucede en el resto de la industria alimentaria hoy en día (Belluco *et al.*, 2017).

Si se comparan las granjas de cría de insectos para la producción de proteína frente a las granjas tradicionales de animales como el cerdo, la ternera, los corderos, las aves de corral, etc, los insectos presentan muchas ventajas ya que se reproducen rápidamente y tienen altas tasas de crecimiento y de conversión de alimentos (Van Huis, 2013). Por ejemplo, las larvas de insectos (de varias especies) criadas en cautiverio, en condiciones preestablecidas, convierten la biomasa vegetal en biomasa animal hasta 10 veces más eficientemente que el ganado convencional (Alves *et al.*, 2016). Es decir, mientras que 10 kg de pienso dan lugar a 1 kg de ternera, esa misma cantidad de pienso da lugar a 9 kg de grillos (Van Huis, 2013). Esta efectividad se debe, principalmente, a su naturaleza de poiquilotermos, es decir, animales de metabolismo y desarrollo acompasados con la temperatura ambiental, que no gastan energía en mantener el calor corporal (Van Huis, 2013; Alves *et al.*, 2016). Asimismo, el porcentaje comestible y digerible de los insectos es mayor que el de los animales convencionales, por lo que por cada kilogramo de pienso suministrado se obtiene mayor cantidad de insecto comestible y digerible que de ganado. La **Figura 3** muestra como el porcentaje comestible del insecto llega a niveles del 80% mientras que las aves de corral y cerdo presentan un porcentaje comestible del 55% y la ternera presenta un porcentaje comestible del 40% (Van Huis *et al.*, 2013).



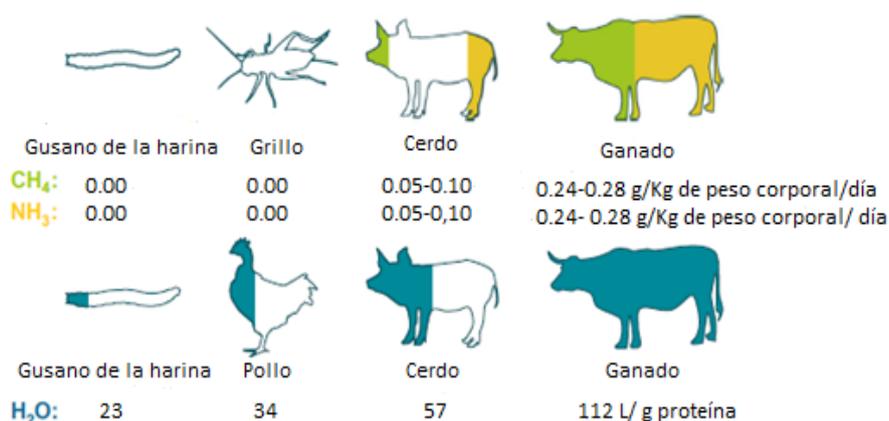
**Figura 3.** Comparativa de la eficiencia y conversión de grillo, aves de corral, cerdo y ternera. Fuente: Van Huis *et al.* (2013).

Si se comparan las granjas de insectos con las de ganado tradicional desde un punto de vista medioambiental, en concreto en el consumo de agua y emisión de gases al medioambiente, se observa en la **Figura 4** que no existen emisiones a la atmósfera por parte de algunos insectos, que las mayores emisiones tanto de metano como de amoniaco se observaron en la ternera y que la cría de cerdo supone unas emisiones de 0,05 a 0,10 g por cada kg de peso y día resoectivamente (Liu y Zhao, 2019). Existen otros estudios en los cuales se confirman

la no producción de gases por parte de algunas especies de insectos como *A. domesticus*, *G. bimaculatus*, *T. molitor* o *L. migratoria*, sin embargo existen otras especies que si emiten metano (*Pachnoda marginata* y *Blaptica dubia*) y que producen más metano incluso que los cerdos pero menos que la ternera. El hecho de las bajas producciones de metano por parte de ciertas especies de insectos puede deberse a que estos se alimentan de fuentes ricas en proteínas sin celulosa y por ello no utilizan microorganismos para descomponer la misma es su alimentación (Halloran *et al.*, 2018).

En cuanto a las necesidades de agua, son mucho menores para los insectos que para el ganado tradicional, se puede observar en la **Figura 4** que el gusano de la harina invierte 23 L de agua para generar 1 g de proteína, en el caso del pollo son 34 L los necesarios, para el cerdo 57 L y 112 L para la ternera (Liu y Zhao, 2019). Debido a que la mayor huella hídrica se genera durante la elaboración de pienso para animales y los insectos necesitan menor cantidad de alimento que el resto de ganado, es por ello que se obtiene una mayor eficiencia en la cría de los insectos en este sentido (Halloran *et al.*, 2018). Si se mira directamente el agua consumida por el ganado o los insectos como ya se comentó anteriormente, los insectos no dependen de la evaporación de agua para mantener su temperatura corporal. Algunos insectos del desierto incluso pueden sobrevivir únicamente con el agua metabólica (Zachariassen, 1996). Por ello su consumo de agua es mucho menor que el del ganado tradicional. También el agua empleada en el mantenimiento de las instalaciones será menor para las granjas de insectos que para las granjas tradicionales aunque ambas requieran de servicios de limpieza de forma habitual (Halloran *et al.*, 2018).

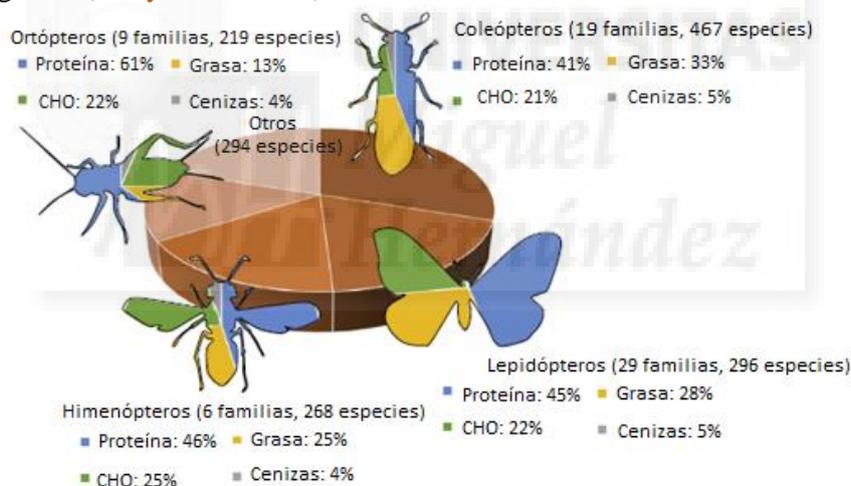
Los insectos se pueden alimentar de residuos de alimentos, convertirlo en sustrato de valor como proteínas, ácidos grasos y minerales entre otros (Soares *et al.*, 2019). Por tanto, los insectos pueden cultivarse utilizando menor cantidad de pienso y, en consecuencia, menor cantidad de energía y agua. Al ocupar menos espacio que el ganado convencional, su cría puede realizarse en vertical (Van Mierlo *et al.*, 2017). Así pues con todo lo mostrado, los insectos causan un mínimo impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida.



**Figura 4.** Emisiones de gases y consumo de agua para distintos insectos y ganado. Fuente Liu y Zhao (2019).

### 1.3. Composición

Existen diversos factores que influyen en la composición nutricional de los diferentes insectos, entre ellos se encuentra la especie, el estado de desarrollo en el cual se encuentran, incluso la alimentación y el origen de los mismos (Fontaneto *et al.*, 2011). Aun así la influencia de los diversos factores varía entre especies, es decir, existen algunas como el gusano de seda Eri (*Samai ricinii*) que no se ve afectado ni por su etapa de desarrollo ni por la alimentación, no presentando diferencias significativas en su valor nutricional ante estos factores. Sin embargo, otros insectos como el gusano de la harina (*T. molitor*) si se ven afectados por su estado de desarrollo existiendo diferencias en el contenido de proteína y de grasa según se encuentre en estado de larva o adulto (Gere *et al.*, 2019). En el estudio llevado a cabo por Payne *et al.* (2016) se vio que el grillo adulto, las larvas de picudo de la palma y las larvas de gusano de la harina aportaban suficiente energía, proteínas y que aportaban los requerimientos necesarios de aminoácidos, mostrando unos valores significativamente más saludables que los presentados por la carne de vacuno y de pollo. Un ejemplo de la variabilidad de nutrientes entre distintas especies de insectos comestibles se ve representado en la **Figura 5**, en concreto los ortópteros destacan por su cantidad de proteína lo cual se realiza a expensas de la disminución del contenido en grasa, los coleópteros presentan una cantidad de proteína en torno al 41% y de grasa en torno al 33%. Por otro lado, los himenópteros y lepidópteros presentan cantidades similares en cuanto a proteína y grasas (Lui y Zhao, 2019).



**Figura 5.** Variabilidad de nutrientes en distintas especies de insectos. Fuente: Liu y Zhao (2019).

Por ello, el valor energético de los insectos comestibles dependerá de la composición de los mismos, sobretudo de su contenido en grasa. En general, las larvas o pupas contienen mayor cantidad de grasa y por lo tanto mayor valor energético que los insectos adultos, sin embargo las especies de insectos con alto contenido proteico presentan un menor contenido energético. Según varios estudios, el contenido energético de distintos tipos de insecto era muy variable, presentando valores calóricos entre 293 y 762 kcal/100 g de materia seca (Kouřimská y Adámková, 2016).

Los insectos comestibles en general, son especies ricas en proteínas y también proporciona grandes cantidades de aminoácidos esenciales (Schlup y Brunner, 2018). En la base de datos de la FAO/INFOODS se recopiló el contenido de proteína de 203 insectos comestibles, cuyos valores oscilaban entre el 1,8 y el 72,2%, siendo el valor promedio de proteína para dichos insectos del 23,3% (FAO/WHO; 2007). Este contenido es superior al

de las carnes convencionales y en cuanto a la digestibilidad de la proteína proveniente de los insectos, es comparable a la de otras proteínas animales incluso mayor a la de muchas proteínas vegetales (Liu y Zhao, 2019).

Los aminoácidos esenciales representan entre el 46 y el 96% de la cantidad total de aminoácidos (Kouřimská y Adámková, 2016). Los aminoácidos que se encuentran de forma mayoritaria son la lisina, el triptófano y la treonina, de hecho en las actualidad, las dietas pobres en lisina y leucina de Papua Nueva Guinea se complementan con el consumo de larvas del género *Rhynchophorus* las cuales son ricas en dichos aminoácidos (Van Huis *et al.*, 2013). La quitina es el componente mayoritario del exoesqueleto de los insectos y actúa como fibra debido a su baja digestibilidad, ya que actúa en el cuerpo humano como la celulosa y es llamada “fibra animal”. El contenido en fibra de insectos comestibles oscila entre 0,12 y 29,13% (Liu y Zhao, 2019). El contenido en quitina en insectos cultivados comercialmente oscila entre 2,7 a 49,8 mg por kg de peso fresco (Kouřimská y Adámková, 2016). Los insectos comestibles contienen de un 10 a un 60% en grasa, este contenido depende como ya se mencionó anteriormente del estado del insecto si está en forma de larva o de adulto (Kouřimská y Adámková, 2016). En su gran mayoría contienen grasas poliinsaturadas (AGPI), particularmente en insectos isópteros (36%), ortópteros (37%) y lepidópteros (40%) (Liu y Zhao, 2019). En cuanto al perfil de ácidos grasos en general revela ratios de ácidos grasos saturados/ insaturados mejores incluso que el de las aves de corral o del pescado (Schlup y Brunner, 2018). En general los insectos pueden ser fuente de ácidos grasos omega-3 y omega-6, sin embargo es poco probable que sean fuente significativa de los AGPI de cadena larga, ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) presentes en los alimentos marinos (Roos, 2018).

Otro constituyente muy importante de los insectos es su alto contenido en micronutrientes, a pesar de la variabilidad entre especies, los insectos son una buena fuente de minerales como el hierro y el zinc con niveles por encima de la carne de ternera, cerdo y pollo (Roos, 2018; Schlup y Brunner, 2018). También pueden ser interesantes por su contenido en potasio, sodio, calcio, fósforo, magnesio, manganeso y cobre (Kouřimská y Adámková, 2016). Algunos ejemplos de contenido en minerales de insectos comestibles se muestran en el estudio llevado a cabo por Van Huis, (2013), en el cual la gran oruga de la polilla (*Gonimbrasia belina*) tiene un alto contenido de hierro (31-77 mg/ 100 g de materia seca) y también la langosta (*L. migratoria*) (8-20 mg por 100 g de materia seca). Las orugas de mopano podrían ser una buena fuente de zinc (14 mg por 100 g de materia seca) junto con las larvas del picudo de la palma *Rhynchophorus phoenicis* (26,5 mg por 100 g de materia seca) (Kouřimská y Adámková, 2016).

En cuanto al contenido en vitaminas de los insectos comestibles, existe de nuevo una gran variedad de vitaminas tanto solubles como lipídicas, dependiendo de la especie (Roos, 2018). Bukkers (2005), publicó una lista de insectos entre la cual se encontró vitamina B12 sobretodo en larvas de gusano de la harina (*T. molitor*) en cantidades de 0,47 µg/100 g y en grillo (*A. domesticus*) de 5,4 µg/ 100 g en adultos. Retinol y β-caroteno en *T. molitor*, *Z. morio*, *A. domesticus* en cantidades de 20 µg y 100 µg por 100 g de materia seca respectivamente. Se encontraron larvas de picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) que contenían 35 mg de α-tocoferol y 9 mg de tocoferoles β + γ por 100 g de materia seca y también se encontró vitamina E en estas larvas (Bukkers, 2005). Según Rumpold y Schlüter (2013), los insectos son generalmente ricos en riboflavina, ácido pantoténico, y biotina. Por otro lado, no son una fuente eficiente de vitamina A, vitamina C, niacina y, en la mayoría de los casos, tiamina (Bukkers, 2005).

Vistos los datos anteriores, los insectos parecen ser una fuente nueva y prometedora de nutrientes y se podrían emplear para proporcionar la proteína diaria necesaria a las familias de bajos ingresos o servir para complementar dietas o incluso como un alimento exclusivo o manjar (Schlup y Brunner, 2018).

#### 1.4. Insectos usados en el presente estudio

En este estudio, se utilizaron cuatro especies de insectos en distintos estadios, el ortóptero en estado adulto grillo común o *A. domesticus*, el coleóptero en estado de larva denominado gusano de la harina o *T. molitor*, el coleóptero en estado de larva gusano rey o *Z. morio* y el coleóptero picudo rojo o *R. ferrugineus* en estado adulto.

##### 1.4.1. Grillo común

Este insecto se desarrolla en clima tropical, su ciclo de vida es de 3 meses, las fases son huevo, ninfa, subadulto y adulto. Este insecto no realiza metamorfosis para llegar a su estado adulto, simplemente realiza varias mudas de exoesqueleto que le permite ir creciendo. Alcanzan hasta los 25-30 mm en su fase adulta. El grillo *A. domesticus* presenta un 62% de proteína en peso seco, esto lo hace idóneo para su uso como alimento tanto para animales como para humanos (Apolo-Arévalo e Iannacone, 2015). Se ha utilizado comúnmente como alimento vivo para mascotas exóticas e insectívoras como reptiles, peces y otros animales. En países como Bélgica, Holanda, Suiza, Reino Unido, Finlandia, Dinamarca y Austria ya se permite su uso como alimento para humanos (Derrien y Boccuni, 2018).

##### 1.4.2. Gusano de la harina

Este insecto sufre varias metamorfosis desde su fase inicial de larva (gusano de la harina) hasta convertirse en escarabajo, pasando por las fases de huevo, larva, pupa e imago. Su ciclo de vida es de aproximadamente 125 días. Suele medir entre 1 mm y 30 mm en fase larvaria y es de color amarillo anaranjado, el escarabajo adulto mide entre 15 y 20 mm y es de color oscuro brillante con tonos entre el rojizo y el negro. Se desarrolla en un clima tropical con niveles altos de humedad y con una temperatura constante y cálida. Su contenido en proteína en la fase larvaria es del 52% en peso seco. Su uso principal se realiza en su fase de larva, como alimento para especies de reptiles, aves y peces. Esto es debido a que como escarabajo desprende un olor fuerte que no gusta a los animales en cuanto a sabor. También se puede emplear como alimento para humanos en aquellos países que lo permitan (Valdez y Untiveros, 2010).

##### 1.4.3. Gusano rey

El ciclo de vida de este insecto es de unos 6 meses, desarrollado en condiciones óptimas, pasando por las fases de larva, crisálida y escarabajo. Su desarrollo se da en un clima tropical. Las larvas miden entre 50 y 60 mm de longitud, disponen de 6 patas en su parte delantera. El porcentaje en proteína de *Z. morio* es de alrededor del 50% en peso seco, tiene grandes propiedades nutricionales no solo por su proteína sino también por su elevado contenido en ácidos grasos. Al igual que sucede con el *T. molitor*, es más apreciado como larva que como adulto, tanto para consumo por parte de mascotas exóticas, peces y aves como para consumo humano (Schulte, 1996).

#### 1.4.4. Picudo rojo

Es originario del sur y sureste asiático y Oceanía, pero en la actualidad se ha expandido a occidente y al norte africano sobre todo a los países mediterráneos (FAO, 2017). Es considerada una plaga que afecta a 20 especies de palmeras (Güerri-Agulló *et al.*, 2010). Las fases por las que pasa el picudo rojo son: huevo, larva, pupa y adulto, el picudo rojo adulto mide entre 2 y 5 cm de largo y tiene rostro terminado en forma de pico, el color del insecto es pardo-rojizo con manchas rojas en el tórax y líneas negras en los élitros (CAGPDSJA, 2019). Su consumo habitual es en forma de larva en aquellos países que es común la entomofagia (Ali *et al.*, 2006). Su ciclo de vida como adulto es de 45 a 90 días, su ciclo total abarca entre 3 y 4 meses de vida. Lo más apreciado de las larvas de picudo rojo es su elevado contenido en grasa que le da su sabor característico (Cito *et al.*, 2017).

## **2. OBJETIVOS**

En la actualidad el principal uso que se les da a los insectos es para la obtención de harinas, ya sea para su empleo como alimentación de animales en forma de pienso como para la alimentación humana en los países cuyo consumo está regulado. Sin embargo, uno de los problemas que pueden tener este tipo de harinas, es su elevado contenido en grasa, lo cual puede causar inestabilidad por problemas de enranciamiento dando lugar a la aparición de sabores y olores desagradables, así como una disminución de su valor nutricional.

En base a estos antecedentes, el objetivo de este trabajo fue extraer y analizar el aceite de estas harinas de insectos comestibles, el cual puede ser considerado como un coproducto del proceso de producción de dichas harinas para su posible uso en las industrias alimentarias, farmacéuticas y/o cosméticas.

Para llevar a cabo este objetivo principal se plantearon los siguientes objetivos particulares.

- ✓ Determinación de la composición de ácidos grasos.
- ✓ Determinación del color.
- ✓ Determinación de la densidad de los distintos aceites.
- ✓ Determinación del índice de peróxidos.
- ✓ Determinación del índice de refracción.
- ✓ Determinación del índice de saponificación.
- ✓ Determinación de la acidez.
- ✓ Determinación de la estabilidad a la oxidación.

## **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. Material**

#### 3.1.1. Colección y preparación de las muestras

Para llevar a cabo la extracción y caracterización de las distintas grasas de los insectos comestibles, se adquirieron grillo (*Acheta domesticus*), gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) y gusano rey (*Zophoba morio*) de la tienda “La grillería” (Valencia, España); el picudo (*Rhynchophorus ferrugineus*) se obtuvo de la “Fundación Palmeral de Elche” (Elche, España). Las muestras (1000 grillos vivos, 1000 gusanos de la harina, 1000 gusanos rey y 500 picudos) fueron congelados a -30 °C durante 24 h tras su recepción. Tras esto, las muestras se liofilizaron durante 24 h y fueron molidos en el disolvente extractor (hexano) en una proporción 1:4 (p/v) y se dejaron durante 20 minutos en el baño de ultrasonidos sin

control de temperatura para facilitar su extracción. Tras esto, el sobrenadante fue filtrado a vacío y centrifugado a 4.000g durante 10 minutos. Tras la centrifugación se recuperó el sobrenadante limpio de turbidez en frascos. La parte sólida de la primera extracción, fue de nuevo mezclada con hexano en un proporción 1:4 y llevada al baño de ultrasonidos 20 minutos. De nuevo las mezclas fueron filtradas a vacío, centrifugadas a 4.000g durante 10 minutos y el sobrenadante se mezcló con el anterior. La mezcla obtenida fue evaporada en un rotavapor para eliminar todo el hexano. La harina se llevó a estufa a 65 °C hasta la completa eliminación del disolvente, se molieron, tamizaron y se guardaron en bolsas a vacío. Los cuatro aceites obtenidos fueron: Aceite de *A. domesticus* (AAD), aceite de *R. ferrugineus* (ARF), aceite de *T. molitor* (ATM) y aceite de *Z. morio* (AZM) y

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1. Análisis de composición de ácidos grasos

La identificación de los ácidos grasos se realizó mediante la transesterificación de las grasas con metanol, produciendo metil ésteres de ácido grasos (MEAG) según el método 969.33 de la [AOAC \(2010\)](#). Los MEAG fueron analizados sobre un equipo de cromatografía HP 6890 con detector de ionizador de llama y una columna capilar Suprewax-280 (30 m, 0,25 µm de film, 0,25 mm de diámetro interno; Tecknokroma Barcelona, Spain). La temperatura del inyector y el detector fue de 250 y 270 °C respectivamente. El programa de temperatura fue el siguiente: la temperatura inicial fue de 60 °C y esta se mantuvo durante 1 minuto tras la inyección, posteriormente se subió a una velocidad de 10 °C/min hasta alcanzar los 170 °C y se mantuvo a esta temperatura durante 2 minutos. Tras estos 2 minutos, se subió a una velocidad de 3 °C/min hasta alcanzar los 230 °C y se mantuvo 10 minutos a esta temperatura y por último, se subió a una velocidad de 2 °C/min hasta alcanzar los 260 °C y se mantuvo 1 minuto a esta temperatura. El gas portador fue helio con una presión interna de la columna a 11 psi. El volumen del inyector fue de 0,2 µL en splitless. Los factores de respuesta fueron calculador usando patrones de ácidos grasos y su identificación se realizó por comparación con los tiempos de retención de estos estándares de MEAG (Supelco 37 component FAME Mix, Bellefonte, PA, USA). Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como g de ácido graso/100 g de aceite. Con los datos obtenidos de los cromatogramas, se calcularán una serie de parámetros como el total de ácidos grasos saturados (AGS), el total de ácidos grasos insaturados (AGI), el total de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), total de ácido grasos poliinsaturados (AGPI), el ratio entre ácidos grasos saturados e insaturados (AGS/AGI), el ratio entre ácidos grasos omega-3 y omega-6. El índice aterogénico (IA) y el índice trombogénico (IT) fueron calculados mediante las ecuaciones 1 y 2 (Ec. 1 y Ec. 2), desarrolladas por [Ulbricht y Southgate \(1991\)](#):

$$IA = \frac{C12:0 + (4xC14:0) + C16:0}{\sum AGMI + \sum n6 + \sum n3} \quad \text{Ec. 1}$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5x \sum AGMI) + (0,5x \sum n6) + (3x \sum n3) + \left(\frac{\sum n3}{\sum n6}\right)} \quad \text{Ec. 2}$$

La relación hipocolesterolémico/hipercolesterolémico (h/H) fue calculada mediante la ecuación 3, como describe [Fernández et al. \(2007\)](#).

$$h/H = \frac{C18:1n9 + C18:1n7 + \sum AGPI}{C14:0 + C16:0} \quad \text{Ec. 3}$$

### 3.2.2. Color

El color fue estudiado en las coordenadas CIELAB\*, en las cuales la coordenada L\* proporciona resultados de la luminosidad de las muestras, a\* hace referencia a la coordenada verde-rojo y el parámetro b\* a la coordenada amarilla-azul. Se consideró de interés calcular y presentar valores de las magnitudes psicofísicas como el croma (C\*) y tono (h\*), cuyo cálculo se realizó mediante las ecuaciones 4 y 5:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. 4} \quad h^* = \tan^{-1}(a^*/b^*) \quad \text{Ec. 5}$$

Para su determinación se utilizó un colorímetro Minolta CM-2600d (Minolta Camera Co, Osaka, Japón). Utilizando el observador 10° y el iluminante D<sub>65</sub>. Para las mismas, se usaron cristales de baja reflectancia entre las muestras y el equipo, del tipo CR-A51/1829-752 (Minolta Camera Co. Osaka, Japón). Se realizaron 9 medidas por cada muestra según las recomendaciones de la American Meat Science Association (2012). También se determinó el índice de pardeamiento (I.P), el cual se calculó mediante la ecuación 6:

$$I.P = \frac{\left( \frac{a^* + 1,75xL^*}{5,645xL^* + a^* - 3,012xb^*} - 0,31 \right)}{0,17} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

### 3.2.3. Determinación de la densidad

Ésta se realizó por medio del método del picnómetro, para ello se pesó el picnómetro vacío, después lleno de agua destilada, y con la muestra. Esta determinación se realizó por triplicado y la unidad en las que se expresó fue en kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.4. Índice de peróxidos

El índice de peróxidos se determinó según lo establecido en la norma [UNE-EN ISO 3960:2017](#), donde las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados en miliequivalentes de O<sub>2</sub>/kg de muestra.

### 3.2.5. Índice de refracción

El índice de refracción se determinó mediante un refractómetro de precisión (Abbe's), según la norma [UNE-ISO 6.320: 2017](#). Las determinaciones se realizaron por triplicado y el resultado se expresó en índice de refracción referido a 20 °C.

### 3.2.6. Índice de saponificación

El índice de saponificación se determinó según lo establecido en la norma [UNE-EN ISO 3657:2013](#). Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en mg de KOH/ g de grasa.

### 3.2.7. Determinación de la acidez

La acidez se determinó mediante el método establecido en la norma **UNE-EN ISO 660:2010**, las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en g de ácido oleico/ 100 g de muestra.

### 3.2.8. Estabilidad a la oxidación

La estabilidad a la oxidación de las muestras obtenidas en el apartado 3.1.1, se midió mediante el método rancimat. Por el cual se mide de estabilidad oxidativa de aceites y grasas en condiciones aceleradas, basado en la inducción de la oxidación de la muestra por exposición a elevadas temperaturas y a un flujo de aire. Para la determinación se adicionó 2,5 g de las muestras a cada tubo, por otro lado se adicionaron 60 mL de agua destilada en los seis vasos del rancimat, se colocaron los tubos y los vasos en el equipo para llevar a cabo la determinación. Ésta se realizó con una alimentación de aire de 20 L/h y a una temperatura de 120 °C y una delta de T de 1,60 °C. Fue una medida automática realizada mediante un software. Dicha medida se realizó por duplicado y los resultados se expresaron como tiempo de inducción en horas.

### 3.2.9. Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias estadísticas entre las cuatro muestras; AAD, ARF, ATM y AZM, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA). Se cercioró si existían diferencias estadísticamente significativas mediante el test de rangos múltiples de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico Statistic editor de datos (SPSS).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Contenido lipídico de los insectos comestibles**

La **Figura 6**, muestra las fracciones lipídicas de cada uno de los insectos comestibles llevados a estudio, *Acheta domesticus* (AAD), *Rhynchophorus ferrugineus* (ARF), *Tenebrio molitor* (ATM) y *Zophoba morio* (AZM).

El contenido graso de cada insecto presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas muestras de aceites analizadas. En concreto, la muestra con mayor contenido lipídico fue la muestra AZM con un valor de 39,3 g/100 g de muestra, seguida de la muestra ATM con un valor de 30,1 g/100 g de muestra, la muestra ARF presentó un valor de 17,2 g/100 g de muestra y finalmente la muestra AAD fue la que menor contenido graso presentó con una cantidad de 13,5 g/100 g de muestra (**Tabla 1**). En la **Tabla 1**, también se pueden observar los rendimientos en la extracción para los distintos insectos comestibles expresados en peso fresco, siendo el gusano rey el que presentó un mayor rendimiento graso con un 6,47%, seguido del picudo rojo con un 5,45%, el gusano de la harina que presentó un rendimiento del 4,32% y por último la muestra que menor rendimiento presentó fue el grillo común con un 3,25% de aceite, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las distintas muestras ( $p < 0,05$ ).



**Figura 6.** Grasas de los diferentes insectos tras la extracción y purificación.

Los datos obtenidos en el presente estudio, son similares a los publicados por otros autores, como por ejemplo en la publicación de [Santurino et al., 2016](#), en la cual los rendimientos obtenidos fueron de 32,33, 40,19 y 15,25 g de aceite/100 g de materia seca para ATM (larva), AZM (larva) y AAD (adulto) respectivamente. De igual forma [Paul et al. \(2017\)](#) publicaron resultados de contenido lipídico para AAD y ATM de 15,31 y 31,97 g de aceite/100 g de muestra. En cuanto al rendimiento expresado por peso fresco, los valores obtenidos en el estudio actual también son similares a los resultados que mostraron otros estudios previos como el llevado a cabo por [Tzompa-Sosa et al. \(2014\)](#), en el cual los rendimientos por peso fresco de AAD y de ATM fueron de 1,6 y de 7,8 g de aceite/100 g de peso fresco. Los rendimientos en materia seca y fresca mostrados en la bibliografía científica para el insecto comestible AZM, presentaron unos valores de 43,64 g de aceite/100 g de muestra para el estudio llevado a cabo por [Soares et al. \(2019\)](#), y de 35g de aceite/100 g de muestra en el de [Adàmková et al. \(2017\)](#), de 40,8 g de aceite/100 g de muestra en el estudio llevado a cabo por [Rumpold y Schlüter, \(2013\)](#) y de 14,5 g de aceite/100 g de muestra para el estudio de [Oonincx y Dierenfeld \(2012\)](#). Estas variaciones en el contenido graso o lipídico recogidas en la bibliografía pueden deberse a los métodos de extracción, deshidratación e incluso a la propia alimentación de los diferentes insectos. Como en la bibliografía científica disponible no se han realizado extracciones de ARF adulto, no se dispone de datos con los que comparar los rendimientos de aceite obtenidos de este insecto en el estudio actual.

**Tabla 1.** Contenido graso de los cuatro insectos comestibles estudiados.

Muestra	Contenido graso (g de grasa/100 g m.s.)	Rendimiento (%)
AAD	13,5±2,3 <sup>d</sup>	3,25±0,9 <sup>d</sup>
ARF	17,2±4,1 <sup>c</sup>	4,32±0,7 <sup>c</sup>
ATM	30,1±3,4 <sup>b</sup>	5,45±1,2 <sup>b</sup>
AZM	39,3±5,2 <sup>a</sup>	6,47±1,8 <sup>a</sup>

\*AAD: aceite de *A. domesticus*, ARF: aceite de *R. ferrugineus*, ATM: aceite de *T. molitor*, AZM: Aceite de *Z. morio*. M.S: masa seca.

#### 4.2. Contenido en ácidos grasos y perfil lipídico de los insectos comestibles

Los perfiles lipídicos de los aceites de las cuatro especies de insectos comestibles analizadas se muestran en la **Tabla 2**. Además del contenido de los principales ácidos grasos, se incluyen también los sumatorios del total de ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI) e insaturados totales (AGI), así como la relación de ácidos grasos saturados e insaturados (AGS/AGI), el índice de ácidos grasos omega 3 frente a los ácidos grasos omega 6 ( $n3/n6$ ), índice aterogénico (IA), índice trombogénico (IT) y la relación hipocolesterolémica-hipercolesterolémica (h/H) utilizados como marcadores de salud nutricional.

Si se observa el perfil lipídico en detalle de las cuatro muestras de aceite de insectos comestibles analizadas (**Tabla 2**), en cuanto a la cantidad de ácidos grasos saturados, las muestras ARF y AZM no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p>0,05$ ) correspondiéndole unos valores de AGS de 40,78 y 40,15 g de AGS/100 g de muestra, seguido de la muestra AAD (37,88 g de AGS/100 g de muestra) y por último de la muestra ATM con 25,86 g de AGS/100 g de muestra las cuales si presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre ellas y con las dos primeras (ARF y AZM). Los principales ácidos grasos saturados presentados por las cuatro muestras de aceites fueron el ácido mirístico (C14:0), el ácido palmítico (C16:0) y el esteárico (C18:0). El ácido graso saturado mayoritario para las cuatro muestras de aceites de insectos comestibles analizadas fue el palmítico, en la **Tabla 2**, se puede observar que la muestra que mayor cantidad presentó de este ácido graso fue la ARF con 36,60 g ácido palmítico/100 g de muestra, seguida de la muestra AZM con 28,89 g de ácido palmítico/100 g de muestra, de AAD y por último la muestra ATM con un valor de ácido palmítico de 18,67 g de AG/100 g de muestra, presentando diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre todas las muestras de aceite extraído de insectos comestibles. El segundo ácido graso saturado mayoritario para todas las muestras de aceites de insectos comestibles fue el ácido esteárico, el cual presentó diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro muestras analizadas ( $p<0,05$ ) siendo la muestra que mayor cantidad presentó de dicho AG la AAD, seguida de la AZM, ATM y ARF. El ácido mirístico presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre las distintas muestras, siendo la muestra de mayor cantidad la ATM (2,36 g de ácido mirístico/100 g de muestra), seguida de la muestra AZM (1,36 g de ácido mirístico/100 g de muestra) y por último las muestras ARF y AAD sin diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre sí.

**Tabla 2.** Resultados del contenido de ácidos grasos de las cuatro muestras analizadas.

% ácidos grasos (n=3)	AAD	ARF	ATM	AZM
<b>Ácidos grasos saturados (AGS)</b>				
<b>C 6:0</b>	0,06±0,01 <sup>aK</sup>	---	---	---
<b>C 8:0</b>	---	---	---	0,82±0,03 <sup>aG</sup>
<b>C 10:0</b>	---	---	0,10±0,03 <sup>bJ</sup>	0,28±0,02 <sup>aK</sup>
<b>C 12:0</b>	0,11±0,02 <sup>cJ</sup>	---	0,29±0,04 <sup>aH</sup>	0,23±0,01 <sup>bK</sup>
<b>C 13:0</b>	---	---	0,13±0,01 <sup>bJ</sup>	0,16±0,01 <sup>aL</sup>
<b>C 14:0</b>	0,61±0,06 <sup>cG</sup>	0,65±0,13 <sup>cF</sup>	2,35±0,32 <sup>aE</sup>	1,36±0,09 <sup>bF</sup>
<b>C 15:0</b>	0,17±0,03 <sup>bC</sup>	0,11±0,03 <sup>cH</sup>	0,25±0,06 <sup>bH</sup>	0,44±0,08 <sup>aJ</sup>
<b>C 16:0</b>	26,44±0,15 <sup>cB</sup>	36,60±0,45 <sup>aB</sup>	18,67±0,29 <sup>dC</sup>	28,89±0,16 <sup>bB</sup>
<b>C 17:0</b>	0,33±0,04 <sup>bH</sup>	0,21±0,02 <sup>cG</sup>	0,25±0,07 <sup>bcH</sup>	0,62±0,05 <sup>aH</sup>
<b>C 18:0</b>	8,93±0,08 <sup>aD</sup>	2,62±0,06 <sup>dD</sup>	3,59±0,18 <sup>cD</sup>	7,04±0,28 <sup>bD</sup>
<b>C 20:0</b>	0,34±0,11 <sup>bH</sup>	0,59±0,02 <sup>aF</sup>	0,23±0,06 <sup>cH</sup>	0,31±0,06 <sup>bK</sup>
<b>C 22:0</b>	0,36±0,07 <sup>aH</sup>	---	---	---
<b>C 24:0</b>	0,53±0,05 <sup>aG</sup>	---	---	---
<b>Total</b>	<b>37,88±0,06<sup>ab</sup></b>	<b>40,78±0,08<sup>a</sup></b>	<b>25,86±0,07<sup>c</sup></b>	<b>40,15±0,04<sup>a</sup></b>
<b>Ácidos grasos insaturados (AGI)</b>				
<b>C 14:1</b>	---	---	---	0,18±0,02 <sup>aL</sup>
<b>C 16:1</b>	0,85±0,04 <sup>cF</sup>	3,00±0,32 <sup>aC</sup>	1,78±0,08 <sup>bG</sup>	1,95±0,07 <sup>bE</sup>
<b>C 17:1</b>	0,12±0,02 <sup>bJ</sup>	0,15±0,04 <sup>bH</sup>	0,14±0,01 <sup>bJ</sup>	0,20±0,04 <sup>kL</sup>
<b>C 18:1</b>	25,11±0,37 <sup>dC</sup>	50,96±0,13 <sup>aA</sup>	41,43±0,12 <sup>bA</sup>	36,13±0,33 <sup>cA</sup>
<b>C 18:2 (n-6,9)</b>	34,40±0,56 <sup>aA</sup>	3,17±0,03 <sup>dC</sup>	28,46±0,11 <sup>bB</sup>	20,38±0,23 <sup>cC</sup>
<b>C 18:2 (n-3,6)</b>	---	0,13±0,02 <sup>bH</sup>	---	0,21±0,02 <sup>aKL</sup>
<b>C 18:3 (n-3,6,9)</b>	1,31±0,16 <sup>cE</sup>	1,82±0,07 <sup>bE</sup>	2,16±0,03 <sup>aF</sup>	0,79±0,01 <sup>dG</sup>
<b>C 20:1</b>	---	---	0,18±0,02 <sup>H</sup>	---
<b>C 22:6</b>	0,32±0,06 <sup>aH</sup>	---	---	---
<b>Total</b>	<b>62,11±0,14<sup>b</sup></b>	<b>59,23±0,09<sup>c</sup></b>	<b>74,15±0,05<sup>a</sup></b>	<b>59,84±0,11<sup>c</sup></b>
<b>AGS</b>	<b>37,88±0,06<sup>ab</sup></b>	<b>40,78±0,08<sup>a</sup></b>	<b>25,86±0,07<sup>c</sup></b>	<b>40,15±0,04<sup>a</sup></b>
<b>AGI</b>	<b>62,11±0,14<sup>b</sup></b>	<b>59,23±0,09<sup>c</sup></b>	<b>74,15±0,05<sup>a</sup></b>	<b>59,84±0,11<sup>c</sup></b>
<b>AGMI</b>	<b>26,08±0,02<sup>d</sup></b>	<b>54,11±0,03<sup>a</sup></b>	<b>43,53±0,01<sup>b</sup></b>	<b>38,46±0,02<sup>c</sup></b>
<b>AGPI</b>	<b>36,03±0,05<sup>a</sup></b>	<b>5,12±0,02<sup>d</sup></b>	<b>30,62±0,03<sup>b</sup></b>	<b>21,38±0,02<sup>c</sup></b>
<b>AGS/AGI</b>	<b>0,61±0,01<sup>b</sup></b>	<b>0,69±0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,35±0,01<sup>c</sup></b>	<b>0,67±0,02<sup>ab</sup></b>
<b>n-3/n-6 ratio</b>	<b>0,04±0,01<sup>c</sup></b>	<b>0,61±0,09<sup>a</sup></b>	<b>0,08±0,02<sup>b</sup></b>	<b>0,05±0,01<sup>bc</sup></b>
<b>IA</b>	<b>0,47±0,11<sup>ab</sup></b>	<b>0,66±0,09<sup>a</sup></b>	<b>0,38±0,07<sup>b</sup></b>	<b>0,58±0,02<sup>a</sup></b>
<b>IT</b>	<b>1,05±0,09<sup>a</sup></b>	<b>1,13±0,10<sup>a</sup></b>	<b>0,58±0,03<sup>b</sup></b>	<b>1,15±0,07<sup>a</sup></b>
<b>h/H</b>	<b>2,26±0,03<sup>b</sup></b>	<b>1,50±0,06<sup>d</sup></b>	<b>3,43±0,04<sup>a</sup></b>	<b>1,90±0,09<sup>c</sup></b>

\*AGS: total de ácidos grasos saturados; AGI: total de ácidos grasos insaturados; AGMI: total de ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: total de ácidos grasos poliinsaturados, AGS/AGI: Ratio de índices grasos saturados e insaturados; n6/n-3: relación entre ácidos grasos omega 3 y 6; IA: índice aterogénico; IT: índice trombogénico; h/H: ratio hipocolesterolémico/hipercolesterolémico.

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma línea indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma columna indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Para tener una visión algo más amplia de estos resultados, se van a comparar con la cantidad y el tipo de ácidos grasos saturados presentes en otros aceites y grasas comerciales, [Haiyan et al. \(2007\)](#), publicó que el total de ácidos grasos saturados para distintos aceites vegetales, en concreto de aguacate, camelia, calabaza, soja, colza y oliva, fue de 20, 10, 10, 15, 7 y 14 g de AGS/100 g de muestra respectivamente. Si se comparan estos resultados con los de los aceites de los cuatro insectos comestibles que se analizaron en el estudio actual, se observa que todos los aceites de los insectos se encuentran con concentraciones superiores de AGS que la presentada por los aceites vegetales anteriormente mencionados. En todas las muestras de aceites vegetales, los ácidos grasos saturados mayoritarios fueron el ácido palmítico seguido del ácido esteárico. Para otro tipo de grasas o aceites, como la manteca que presenta una cantidad total de 67,72 g AGS/100 g de muestra; el aceite de algodón 19,10 g AGS/100 g de muestra; el aceite de maíz 12,66 g de AGS/100 g de muestra y el aceite de palma 50,80 g de AGS/100 g de muestra, donde los ácidos grasos saturados mayoritarios en general para todas las muestras de aceites y grasas analizadas en el estudio llevado a cabo por [Hussein et al. \(2001\)](#) fueron el palmítico y el esteárico variando la concentración obtenida de dichos ácidos grasos según la muestra. Por ello a la vista de los resultados de los aceites y grasas anteriormente mencionados, se puede observar que los aceites de los insectos presentan mayor concentración de AGS que los aceites vegetales (aunque el ATM tiene valores cercanos a los presentados por el aceite de aguacate), Sin embargo presentan una menor proporción de AGS que las grasas vegetales.

En términos generales, se aprecia una proporción de AGI totales muy superior a la de AGS para todas las muestras (**Tabla 2**). Así, el contenido total de AGI fue igual o superior a 59 g de AGI/100 g de muestra en todos los casos, alcanzando un valor particularmente elevado en ATM larvar con un valor de 74,15 g de AGI/100 g de muestra. En el contenido de AGI existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas muestras de aceites a excepción de las muestras ARF y AZM que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p > 0,05$ ), correspondiéndole a estas últimas muestras la menor cantidad de AGI en concreto 59,23 y 59,84 g de AGI/100 g de muestra respectivamente. En la **Tabla 2** se puede observar, que la muestra que menor cantidad de AGPI presentó fue la ARF, seguida de la muestra AZM y de las muestras ATM y AAD, presentando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre sí. También se analizó el contenido de AGMI de las muestras de aceites de insectos comestibles, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para las cuatro muestras, siendo la muestra que presentó un mayor contenido de AGMI la ARF, seguida de ATM, AZM y por último la muestra AAD con unas concentraciones de 54,11; 43,53; 38,46 y 26,08 g de AGMI/100 g de muestra respectivamente. Si se observa detalladamente el contenido de AGI, el ácido graso insaturado principal fue el ácido oleico (C18:1) para todas las muestras a excepción de la AAD cuyo AG mayoritario fue el ácido linoleico (C18:2, n-6,9). Para ambos ácidos grasos se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las cuatro muestras, en el caso del oleico, la muestra que mayor cantidad presentó fue la muestra ARF, seguida de la muestra ATM, la muestra AZM y por último la muestra AAD con valores que oscilan entre el 50,96 a 25,11 g de ácido oleico/100 g de muestra. Para el ácido linoleico, la muestra que presentó mayor contenido fue la AAD,

seguida de la muestra de ATM, AZM y por último la muestra ARF con un contenido que oscila entre 34,40 y el 3,17 g de ácido linoleico/100 g de muestra. El ácido graso  $\alpha$ -linolénico (C18:3, n-3) también lo presentan las cuatro muestras de aceites de insectos comestibles en su composición con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las cuatro muestras analizadas, siendo la muestra que mayor cantidad presentó de este AG la ATM, seguida de la muestra ARF, AAD y por último la muestra que menor cantidad presentó fue la AZM con cantidades de 2,16; 1,82; 1,31 y 0,79 g de ácido  $\alpha$ -linolénico/100 g de muestra respectivamente. El ácido palmitoléico (C16:1) también aparece en la composición de las cuatro muestras, con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las diferentes muestras de aceites de insectos comestibles, siendo la muestra ARF la que mayor proporción de todas las muestras presentó con 3 g de ácido palmitoléico/100 g de muestra, seguida de ATM y AZM que no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) y por último la muestra AAD que presentó una concentración de 0,85 g de ácido palmitoléico/100 g de muestra.

Si se comparan los resultados obtenidos en el presente estudio con los publicados en la bibliografía científica, a pesar de que no existen demasiados estudios en los cuales se detalle el perfil lipídico de aceites de insectos comestibles, se puede ver que en el estudio llevado a cabo por [Tzompa-Sosa et al. \(2014\)](#), se analizaron los ácidos grasos esenciales de varios aceites de insectos comestibles, obteniendo en torno a 75 g de AGI/100 g de muestra para ATM valor similar al de este estudio (74,19 g de AGI/100 g de muestra) de los cuales un 52% aproximadamente correspondía a AGMI y un 24-25% a AGPI valores un poco superiores para los AGMI e inferiores en cuanto a AGPI que los obtenidos en el presente estudio. Para el aceite de AAD se obtuvieron valores entre 64,23 y el 68,28 g de AGI/100 g de muestra, valores similares a los del estudio actual. En dicho estudio, se ve que al igual que en este estudio el ácido graso insaturado mayoritario para el ATM es el oleico y para el AAD es el linoleico en concentraciones similares a las de este estudio. Estos datos de ácidos grasos insaturados, tanto AGPI como AGMI, obtenidos en este estudio están de acuerdo con los obtenidos en otros estudios previos existentes en la bibliografía como el de [Sánchez-Muros et al. \(2014\)](#); [Barroso et al. \(2014\)](#); [Santurino et al. \(2016\)](#); [Cito et al. \(2017\)](#), sobre AAD, ARF, ATM y AZM. Para dar una visión sobre los valores obtenidos en el presente estudio de AGI en los aceites de insectos comestibles, se van a comparar con los perfiles lipídicos de otras grasas y aceites comerciales. Se observa que en los aceites vegetales de maíz la cantidad de AGI es de 87,34 g de AGI/100 g de muestra de los cuales 49% son AGPI, en el aceite de oliva el total de AGI es de 75,23 g de AGI/100 g de muestra de los cuales un 66,57% son AGMI o en el aceite de girasol el total de AGI es de 89,7 g de AGI/100 g de muestra de los cuales 70,8% son AGPI. Sin embargo en el caso de analizar muestras de grasas vegetales como el aceite de palma, la cantidad en AGI es de 49,22 g de AGI/100 g de muestra de los cuales el 39% son AGMI. Y si se comparan con grasas animales como la manteca, la cantidad de AGI es de 32,27 g de AGI/100 g de muestra ([Hussein et al., 2001](#)). Para todas las muestras de aceites y grasas cuyo perfil lipídico fue analizado en el estudio llevado a cabo por [Hussein et al. \(2001\)](#), el AGI mayoritario para los aceites analizados en dicho estudio son el oleico y el linoleico, dependiendo de la naturaleza de las muestras tienen como principal a uno u otro AG. Por ejemplo en el aceite

de semillas de algodón, de maíz y de girasol presentaron unas cantidades mayoritarias de ácido linoleico con unos valores comprendidos entre 60, 79 y 69, 58 g de ácido linoleico/100 g de muestra. Sin embargo en muestras como la mantequilla, el aceite de oliva y el aceite de palma el AGI mayoritario fue el ácido oleico con concentraciones entre 23,19 y 66,28 g de ácido oleico/100 g de muestra. Por ello, si se comparan las grasas y aceites anteriormente mencionados con los aceites de insectos comestibles del presente estudio, se observa que los aceites de insectos en general son ricos en AGI y que contienen cantidad de estos más parecidas a la de los aceites vegetales que a las grasas vegetales o animales y que igual que sucede en los aceites vegetales dependiendo de la variedad contienen una mayor cantidad de AGMI o AGPI e incluso el AGI mayoritario varía. De hecho, es destacable que el aceite de oliva que es el más usado y valorado nutricionalmente, contenga un 66% de ácido graso oleico y que si se compara con los aceites de insectos, la muestra de aceite de picudo rojo presentó valores del 50% de ácido oleico.

Si se analizan los resultados obtenidos en la composición de ácidos grasos para cada una de las muestras por separado, se puede observar que, de entre todos los ácidos grasos obtenidos el mayoritario para la muestra AAD fue el ácido linoleico (34,40 g de ácido linoleico/100 g de muestra), seguido del ácido palmítico (26,44 g de ácido palmítico/100 g de muestra) y el ácido oleico (25,11 g de ácido oleico/ 100 g de muestra), presentando diferencias estadísticamente significativas entre dichos AG ( $p < 0,05$ ). Estos AG mayoritarios representan un 85,95 % de la composición total de la muestra. La composición de AG para la muestra ARF mostró que es mayoritaria en ácido oleico (50,96 g de ácido oleico/100 g de muestra), seguido del ácido palmítico (36,60 g de ácido palmítico/100 g de muestra), el ácido palmitoleico (3,00 g de ácido palmitoleico/100 g de muestra) y por último el ácido esteárico (2,62 g de ácido esteárico/100 g de muestra) presentando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre todos los ácidos grasos anteriormente mencionados para la muestra ARF. El perfil lipídico para la muestra ATM, presentó como ácido graso mayoritario el oleico (41,43 g de ácido oleico/100 g de muestra), seguido del ácido linoleico (28,46 g de ácido linoleico/100 g de muestra) y ácido palmítico (18,67 g de ácido palmítico/100 g de muestra), presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos AG nombrados anteriormente y suponen una fracción del 88,56 %. Y por último la muestra AZM, presentó como AG mayoritario el oleico (36,13 g de ácido oleico/100 g de muestra), seguido del ácido palmítico (28,89 g de ácido palmítico/100 g de muestra), el ácido linoleico (20,38 g de ácido linoleico/100 g de muestra) y el ácido esteárico (7,04 g de ácido esteárico/100 g de muestra), presentando entre todos los AG comentados diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre sí y suponiendo un 92,44 % del total de AG presentes en la muestra.

Si se comparan los resultados obtenidos para cada aceite de insecto comestible con los publicados en la bibliografía científica existente, se observa que la muestra AAD tiene un perfil lipídico parecido al mostrado en los estudios de Barroso *et al.* (2014); Sánchez-muros *et al.* (2014); Santurino *et al.* (2016); Paul *et al.* (2017), en los cuales el AG mayoritario en todos los casos fue el ácido linoleico, seguido del palmítico, oleico, esteárico y ácido  $\alpha$ -linolénico con variaciones en el contenido de estos ácidos grasos probablemente

influenciadas por la alimentación de los insectos. En algunos estudios la diferencia entre el ácido palmítico y el oleico fue prácticamente insignificante y la concentración a la cual se obtuvo el AG mayoritario para los estudios anteriormente mencionados varió entre el 36,3 al 41,4 g de ácido linoleico/100 g de muestra, todas ellas superiores a la obtenida en el estudio actual de aceites de insectos comestibles. Para la muestra ARF, únicamente existe un estudio en la bibliografía y se extrajo y analizó el aceite en su fase larvar que es como más se consume en la actualidad dicho insecto, este estudio fue llevado a cabo por [Cito et al. \(2017\)](#), en el cual se alimentaron a larvas de *R. ferrugineus* con diferentes sustratos. En este estudio se vio que el AGI mayoritario cuando son alimentados con manzana era el ácido oleico, seguido del ácido palmítico y cuando eran alimentadas de palmeras bien *S. ramanzoffiana* o de *P. canariensis* el orden de ácidos grasos mayoritarios se revertía. Si se comparan los resultados obtenidos de la muestra ATM en el presente estudio con la bibliografía científica existente, en los estudios llevados a cabo por [Barroso et al. \(2014\)](#); [Santurino et al. \(2016\)](#); [Adámková et al. \(2017\)](#), se observa que existe una similitud en los ácidos grasos mayoritarios para el ATM en estado larvar y que dichos resultados son similares a los de este estudio. En concreto en todos ellos el ácido graso mayoritario fue el ácido oleico con una concentración entre el 35,83 y el 50,2 g ácido oleico/100 g de muestra, seguido del ácido linoleico con una concentración que oscila entre 20,34 y 31,9 g de ácido linoleico/100 g de muestra y tras estos el ácido palmítico con una concentración entre 16,7 y 21,3 g ácido palmítico/100 g de muestra. Para la muestra AZM, en los estudios llevados a cabo por [Sánchez-muros et al. \(2014\)](#); [Santurino et al. \(2016\)](#); [Soares et al. \(2019\)](#), se observan valores del AG mayoritario en concentraciones que van desde los 34,7 y 39,45 g de ácido oleico/100 g de muestra el valor del presente estudio (36,13 g de ácido oleico/100 g de muestra) se encuentra dentro del rango de concentraciones dadas por los estudios anteriormente mencionados. El segundo AG mayoritario para el aceite de AZM, como ya se mencionó anteriormente es el ácido palmítico y según la bibliografía consultada la concentración entre la cual se encuentra es de entre 29,1 y 32,2 g de ácido palmítico/100 g de muestra, en este caso, la concentración de dicho ácido graso en este estudio (28,89 g ácido palmítico/100 g de muestra) fue inferior al de todos los estudios consultados en la bibliografía científica. Seguido del ácido linoleico para el cual en la bibliografía científica se obtuvo una concentración que variaba entre 15,60 y 23,4 g de ácido linoleico/100 g de muestra valores entre los cuales se encuentra la cantidad de ácido linoleico del aceite de AZM del estudio actual con un valor de 20,38 g de ácido linoleico/100 g de muestra. Si se comparan estos ácidos grasos mayoritarios presentes en los aceites de insectos comestibles con otros aceites de origen vegetal y animal, como por ejemplo con el aceite de lino, la composición mayoritaria de ácidos grasos es de en torno a un 56 g de ácido linolénico/100 g de muestra, seguido de una concentración en torno a 18 g de ácido oleico/100 g de muestra y una concentración de aproximadamente 16 g de ácido linoleico/100 g de muestra ([Symoniuk et al., 2016](#)). Según los resultados obtenidos en el estudio llevado a cabo por [Hussein et al. \(2001\)](#), se puede observar que en el caso del aceite de oliva su ácido graso mayoritario fue el ácido oleico con una concentración de 66,28 g de ácido oleico/100 g de muestra, seguido de una concentración de 15,65 g de ácido palmítico/100 g de muestra. Para el aceite de maíz el ácido graso mayoritario fue el linoleico con una concentración del 60,79 g de ácido linoleico/100 g de muestra seguido del ácido graso oleico con un valor de

25,12 g de ácido oleico/100 g de muestra. El aceite de semillas de algodón presentó como ácido graso mayoritario el ácido linoleico con una concentración del 60,79 g de ácido linoleico/100 g de muestra seguido de una concentración del 19,23 g de ácido oleico/100 g de muestra. El aceite de girasol contiene una concentración de 69,58 g de ácido linoleico/100 g de muestra seguido del ácido oleico con una concentración de 18,64 g de ácido oleico/100 g de muestra. Sin embargo en el aceite de palma, su AG mayoritario es el ácido palmítico con una concentración de 44,66 g de ácido palmítico/100 g de muestra seguido de un valor de 38,76 g de ácido oleico/100 g de muestra. Y por último, en una grasa animal en concreto la mantequilla, presentó como AG mayoritario el ácido palmítico con una concentración de 30,81 g de ácido palmítico/100 g de muestra seguido de una concentración del 23,19 g de ácido oleico/100 g de muestra. En el caso de aceite de pescado crudo, analizado en el estudio llevado a cabo por [Paucar-Menacho et al. \(2015\)](#), se obtuvo que el ácido graso mayoritario fue el palmítico con una concentración de 22,8 g de ácido palmítico/100 g de muestra, seguido del ácido eicosaipentaenoico (EPA) con una concentración del 20,28 g de EPA/100 g de muestra y docosahexaenoico (DHA) con una concentración de 19,64 g de DHA/100 g de muestra.

De estos resultados se puede deducir que la composición de ácidos grasos es muy variable incluso entre aceites de semillas vegetales, sí que se ve una tendencia entre ellas de aproximadamente un 60% de ácido linoleico, seguido de aproximadamente un 20% de oleico para las semillas vegetales. En las grasas tanto animal como la de palma, se ve que presenta cantidades similares de palmítico y oleico siendo aproximadamente mayor la concentración de palmítico en un 7% en ambas muestras que el oleico. El aceite de oliva presentó un perfil distinto a los anteriores así como el de pescado, si esto se compara con los resultados obtenidos para los aceites de insectos comestibles del presente estudio, se puede ver que para los aceites de insectos en general el ácido graso mayoritario fue el oleico excepto para la muestra AAD, el segundo mayoritario en general fue el palmítico para todas las muestras excepto para la muestra ATM que fue el linoleico. El tercer ácido graso mayoritario fue muy variable, para algunas muestras (ARF y AZM) fue el ácido linoleico, para ATM el ácido palmítico y para la AAD fue el ácido graso oleico. No se ve una clara correlación entre los aceites de insectos comestibles y las grasas o aceites con los que han sido comparados, si se observa que difieren de los aceites de semillas vegetales cuyo ácido graso principal es el linoleico como ya se comentó anteriormente y que la variabilidad entre las mismas muestras de este estudio es elevada.

En cuanto a la relación ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados, se puede observar en la **Tabla 2**, que existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para las cuatro muestras analizadas, también se observa que todos los valores de la relación AGS/AGI fueron inferiores a 1, siendo la muestra que mayor relación presentó la ARF con un valor de 0,69 seguida de la muestra AZM con un valor de 0,67 la cual no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) con la muestra ARF ni con la muestra AAD, la siguiente muestra que presentó una menor relación fue la muestra AAD con un valor de 0,61 y por último la muestra ATM con una relación de 0,35 de AGS/AGI. Si comparamos estos resultados con la bibliografía científica disponible, en los estudios

llevados a cabo por Barroso *et al.* (2014); Sanchez-Muros *et al.* (2014); Santurino *et al.* (2016); Paul *et al.* (2017) la relación AGS/AGI para el AAD fue de entre 0,50 y 0,57, en todos ellos los valores fueron inferiores al obtenido en el presente estudio (0,61). En el caso de la relación AGS/AGI para el ARF en estado larvar (ya que no se dispone de estudios realizados en adultos), los estudios existentes presentan un valor de dicha relación superior al del estudio actual que fue de 0,69, en concreto el estudio llevado a cabo por Barroso *et al.* (2014) y por Cito *et al.* (2017) presentaron valores entre 0,85 y 0,71 para la relación AGS/AGI. Si se comparan los valores de la relación AGS/AGI para el ATM obtenidos en este estudio con la bibliografía científica disponible, se puede observar que existen estudios con valores inferiores como en los llevados a cabo por Sánchez-Muros *et al.* (2014), Barroso *et al.* (2014), Finke (2002), otros estudios muestran unos valores para esta relación similares al del presente estudio como en el llevado a cabo por Tzompa-Sosa *et al.* (2014). En otros estudios se obtuvieron valores de la relación AGS/AGI para el ATM superiores al del estudio actual como en el llevado a cabo por Santurino *et al.* (2016), Adámková *et al.* (2017) y Paul *et al.* (2017). Por último el valor de la relación AGS/AGI para el aceite de AZM del estudio actual se encuentra entre los valores obtenidos en otros estudios existentes, en concreto para los estudios llevados a cabo por Finke (2002); Bednárová *et al.* (2013); Santurino *et al.* (2016) y Soares *et al.* (2019), con valores de esta relación entre 0,61 y 0,76, entre dichos estudios se encuentran algunos con unos valores inferiores otros similares y otros superiores al de este estudio para el AZM (0,67). Esta variabilidad en los índices se debe a las pequeñas variaciones en las cantidades de los ácidos grasos mayoritarios como ya se comentó anteriormente y dicha composición se podría ver muy influenciada a su vez por la dieta de dichos insectos. Si comparamos este ratio con el de aceites de diversos orígenes tanto vegetales como animales, se puede observar que el aceite de oliva presenta una relación de 0,06; el aceite de maíz de 0,15; el de girasol de 0,12, el aceite de semillas de algodón de 0,24, el aceite de pescado crudo de 0,6, el aceite de palma de 1,03 y la manteca de 2,1, calculados de los estudios llevados a cabo por Hussein *et al.* (2001) y Paucar-Menacho *et al.* (2015). Si se comparan estos datos con los del presente estudio, se puede observar como la mayoría de las muestras de aceites de insectos tienen unos valores similares a los presentados por el aceite de pescado excepto para la muestra ATM que presentó unos valores de 0,35 más cercano al aceite de semillas de algodón. Lo ideal es que esta relación sea lo menor posible ya que existen diversas enfermedades asociadas al consumo de AGS (FAO/WHO, 2008).

Como es bien conocido, la relación de los AGPI omega 3 y omega 6 (n3/n6) de la dieta es un biomarcador en la prevención del riesgo de enfermedad coronaria. El valor recomendado por la FAO/WHO (2008) para dicho índice es de 1:10, en el estudio actual se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para la mayoría de muestras. La relación menor entre n3/n6 fue para la muestra ARF en la cual se obtuvo una relación 1:1,64; seguido de la muestra ATM con una relación n3/n6 de 1:12,5 la cual no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con la muestra AZM que presentó una relación 1:20 para el n3/n6 y por último la muestra AAD sin diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con la muestra anterior la cual presentó una relación 1:25 para n3/n6. Así pues únicamente la muestra de ATM es aquella que se aproxima a la relación

recomendada por la FAO. Comparando con aceites de otros orígenes, se ve que las muestras AZM y AAD tienen ratios  $n_3/n_6$  cercanos al del aceite de oliva calculado a partir de los ácidos grasos dados en los estudios de [Hussein et al. \(2001\)](#) y [Paucar-Menacho et al. \(2015\)](#) y la muestra ARF mostró ratios cercanos al de la mantquilla calculada a partir del estudio de [Hussein et al. \(2001\)](#).

Según se muestra en la **Tabla 2**, para el índice aterogénico (IA), se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre las muestras AAD, ARF y AZM, presentando valores para el IA de 0,47; 0,66 y 0,58 respectivamente sin embargo si existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre el resto de muestras y la ATM (0,38) excepto entre esta muestra y la AAD. Lo recomendado para el IA es que presente valores por debajo de 0,5 ([Ulbricht y Southgate, 1991](#)), según se presenta en la **Tabla 2**, las muestras AAD y ATM presentan valores inferiores a ese 0,50. Para el índice trombogénico (IT) tampoco existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre las muestras AAD, ARF y AZM con valores de 1,05; 1,13 y 1,15 respectivamente, la muestra que si presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) con las anteriores fue la ATM con un valor de IT de 0,58. Estos índices IA e IT, dan una idea de la capacidad de los alimentos para producir enfermedades cardiovasculares ([Ulbricht y Southgate, 1991](#)), las grasas que presentan valores bajos de estos índices pueden inhibir la concentración plasmática de triglicéridos, colesterol y de fosfolípidos que forman la placa aterómica evitando así enfermedades cardiovasculares ([Turan et al., 2007](#)). Si estos se calculan a partir de la bibliografía disponible, para todos los estudios en los cuales se obtuvieron los perfiles lipídicos de los aceites de insectos comestibles AAD, ARF, TMZ y AZM, se ve la tendencia de los resultados obtenidos en el estudio actual. Los valores de IA y de IT para el AAD presenta valores entre de 0,38-0,44 y 0,91-1,05 respectivamente. Los valores de dichos índices para el aceite de *R. ferrugineus* presentan valores de entre 0,77-0,92 para IA y de 0,98-1,34 para IT. Los valores de IA e IT para ATM fueron de 0,33-0,44 y de 0,52-0,74 respectivamente. Por último en la bibliografía científica consultada ([Finke \(2001\)](#); [Bednářová et al. \(2013\)](#); [Barroso et al. \(2014\)](#); [Tzompa-Sosa et al. \(2014\)](#); [Paul et al. \(2017\)](#) y [Soares et al. \(2019\)](#)) se han obtenido valores que oscilan entre 0,57 y 0,61 para IA y entre 1,05 y 1,36 para IT. Si comparamos estos valores con los de otros aceites o grasas comestibles, en el estudio llevado a cabo por [Turan et al. \(2007\)](#), se obtuvieron valores para distintos aceites y grasas, como el aceite de coco, el cual presentó un valor de IA de entre 13-20, para el aceite de palma de 7, para la manteca de cacao de 0,7 e inferior a 0,5 para los aceites vegetales, se obtuvieron valores de entre 0,5 y 1 para las grasas de la carne. En cuanto al IT, fue de 0,45 para anchoas, 0,37 para la trucha arcoíris, 0,32 para la anguila, y 0,25 para la lubina ([Fernandes et al. 2014](#)).

Para la relación hipocolesterolémica-hipercolesterolémica (h/H) se observó que a menor valor de los índices IA e IT mayor era la relación h/H de las muestras. En concreto existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre las cuatro muestras, siendo la que mayor relación presentó la muestra ATM con un valor de 3,43, seguida de la muestra AAD con un valor de 2,26, tras esta la muestra AZM presentó un índice de 1,90 y por último la muestra que menor relación h/H presentó fue la ARF con un valor de 1,50.

Valores más altos del índice h/H están relacionados con el metabolismo del colesterol y se consideran beneficiosos para la salud cardiovascular (Fernandes *et al.*, 2014), por ello según los datos obtenidos en el estudio actual la muestra ATM es la que presenta mayor índice y por ello mayor protección cardiovascular en concordancia con lo que se ha comentado anteriormente. Si se comparan los valores obtenidos para la relación h/H con los presentes en la bibliografía científica (Bednářová *et al.* (2013); Sánchez-Muros *et al.* (2014); Santurino *et al.* (2016); Adámková *et al.* (2017); y Soares *et al.* (2019)), se observa que para esta relación en la muestra ATM, los valores obtenidos se encuentran entre 2,28 y 3,99; comprendido entre ambos valores se encuentra el valor de 3,43 obtenido en el estudio actual. Para el AAD, los valores para el índice h/H se encuentran entre 2,33 y 2,72; rango con valores superiores a la muestra AAD del presente estudio. Para el AZM, los valores de dicho índice presentan unos valores entre 1,69 y 1,99 rango en el cual se encuentra comprendido el valor obtenido en este estudio. Y por último, en el caso del ARF, los valores del índice varían entre 1,12 y 1,35 rango inferior al valor encontrado en este estudio. Si se comparan con otro tipo de aceites y grasas de distintos orígenes tanto vegetal como animal, en los distintos estudios llevados a cabo por Hussein *et al.* (2001) y Paucar-Menacho *et al.* (2015), los valores obtenidos de este índice para los aceites de algodón, de maíz, de girasol y de oliva fueron de 5,32; 7,44; 14,31 y 4,22-4,79 respectivamente. Para el aceite de sacha inchi y de pescado crudo el valor del índice h/H fueron de 7,75 y 1,58. En cuanto a grasas como el aceite de palma y la mantequilla presentaron valores de 1,06 y 0,67. De lo que se puede deducir que a medida que la grasa contiene mayor valor de AGS, menor valor de índice y por ello menos saludable será dicha grasa, por ello se puede decir que los aceites vegetales son aquellos que presentan mayor valor de índice h/H, seguido de las grasas vegetales y por último las animales (mantequilla) con el menor índice.

#### 4.3. Parámetros físico-químicos de color de las diferentes muestras de aceites de insectos comestibles

Se determinaron los parámetros de color de los diferentes aceites extraídos de los insectos comestibles, en concreto la luminosidad (L\*), la coordenada roja-verde (a\*), la coordenada azul-amarilla (b\*), la saturación de color o croma (C\*) y el tono (h\*) así como la determinación del índice de pardeamiento para las cuatro muestras analizadas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Parámetros de color de las distintas muestras de grasa de insectos analizadas

Muestra	L*	a*	b*	C*	h*	Índice de pardeamiento
AAD	24,08±0,37 <sup>a</sup>	- 0,59±0,04 <sup>c</sup>	4,12±0,21 <sup>b</sup>	4,16±0,21 <sup>b</sup>	98,12±0,18 <sup>a</sup>	16,47±1,15 <sup>c</sup>
ARF	23,37±0,62 <sup>a</sup>	3,20±0,11 <sup>a</sup>	5,57±0,23 <sup>a</sup>	6,45±0,25 <sup>a</sup>	60,07±0,29 <sup>c</sup>	36,91±2,54 <sup>a</sup>
ATM	23,65±2,00 <sup>a</sup>	1,30±0,17 <sup>b</sup>	1,43±0,44 <sup>c</sup>	1,95±0,40 <sup>c</sup>	46,47±7,95 <sup>d</sup>	10,37±3,27 <sup>d</sup>
AZM	23,39±1,17 <sup>a</sup>	1,52±0,12 <sup>b</sup>	4,27±0,23 <sup>b</sup>	4,53±0,26 <sup>b</sup>	70,44±0,49 <sup>b</sup>	24,67±2,56 <sup>b</sup>

\*Todas las medidas son adimensionales. Valores seguidos de la misma letra dentro de la misma columna indican que no hay diferencias estadísticamente significativas (p>0,05) según el test de rangos múltiples de Tukey.

En dicha tabla, se puede observar como las muestras no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre sí para la luminosidad ( $L^*$ ), encontrándose todas con un valor en torno a 24. Sin embargo en cuanto al parámetro  $a^*$ , si se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), siendo la muestra que más coloración roja presentó la ARF, seguida de las muestras ATM y AZM sin diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre estas últimas. La muestra que presentó una coloración verdosa fue la ADD, esto se encuentra en concordancia con lo mostrado y observado en la **Figura 6**. En cuanto al parámetro  $b^*$ , se observa que la muestra más amarilla fue la ARF, seguida de las muestras AZM y AAD sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre sí y por último la muestra con menor coloración amarillenta fue la muestra ATM.

Aunque los parámetros de color en aceites presentan una amplia variación entre muestras de distintos orígenes, se van a comparar los resultados de los parámetros de color del presente estudio con algunos resultados publicados en la bibliografía científica, los cuales, como no se encontraron determinaciones de color realizadas a muestras de aceites de insectos comestibles, se van a comparar estos parámetros obtenidos en la **Tabla 3**, con otro tipo de aceite o grasa comestible. En las cuatro muestras de aceites de insectos comestibles la luminosidad ( $L^*$ ) es mucho menor a la presentada por otros aceites recogidos en el estudio llevado a cabo por [Paucar-Menacho et al. \(2015\)](#) como por ejemplo el aceite de oliva (84,47), el aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) (77,73) o incluso el aceite de pescado crudo (65,32). En cuanto al parámetro rojo-verde ( $a^*$ ) en los aceites de oliva, de sachá inchi y de pescado todas las muestras tendían más hacia la coloración verde que a la roja y a la coloración amarilla siendo el aceite más amarillo el de pescado crudo con unos valores de  $b^*$  de 77,01, valor muy superior al presentado por las cuatro muestras de aceite de insectos comestibles analizadas en el estudio actual. [Becerra-Herrera et al. \(2018\)](#), estudiaron la determinación de los parámetros de color en distintos aceites de oliva virgen a partir de distintas variedades de oliva, los valores de  $L^*$  obtenidos se encontraron entre 85,9 y 95,2 valores mucho más luminosos que las muestras analizadas en este estudio, en cuanto al parámetro  $a^*$ , los valores obtenidos para dichas muestras se encuentran entre -4,36 y 3,70, valores más verdes que las muestras analizadas en su mayoría y otras muestras más rojizas incluso que el aceite de picudo rojo (3,20). Por último, para el parámetro  $b^*$  en los aceites de oliva virgen extra se encontraba entre 53,3 y 94,8 todos con una coloración amarilla muy pronunciada y muy superior a la coloración amarilla presentada por las muestras de aceites de insectos comestibles analizada.

Si se observan los valores de la saturación del color ( $C^*$ ), la muestra más saturada fue la ARF, seguida de las muestras AZM y AAD sin diferencias estadísticamente significativas entre sí ( $p > 0,05$ ) y por último la muestra menos saturada fue la ATM. Para los valores de tono ( $h^*$ ), se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las cuatro muestras analizadas, siendo la muestra que presentó un mayor valor de tono la AAD, seguida de la muestra ATM, la muestra ARF con un valor de  $60,07^\circ$  y por último la muestra ATM con  $46,47^\circ$ . Aunque los parámetros de color son muy variables para los aceites como ya se mencionó anteriormente, se va a comparar con la saturación y el tono de distintas muestras halladas en la bibliografía científica por ejemplo en la publicación de [Paucar-Menacho et al. \(2015\)](#), los valores de  $C^*$  para el aceite extraído de *P. volubilis*, de oliva y

de pescado crudo, dio unos valores de 4,47; 7,87 y 91,25 respectivamente y en cuanto a h\* los valores fueron de 96,34°; 102,53° y 59,14° para las muestras antes mencionadas. En el caso de aceites de oliva virgen extra de distintas denominaciones u orígenes, **Becerra-Herrera et al. (2018)** obtuvieron valores de saturación comprendidos entre los 53,5 y los 94,7 valores muy superiores a los obtenidos en los aceites del presente estudio. En el caso del tono, se obtuvieron para las muestras de aceites vírgenes extra valores comprendidos entre 87,6° y 94,5° superiores a todas las muestras analizadas excepto la AAD.

Para el índice de pardeamiento (I.P), también se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los cuatro aceites de insectos comestibles analizados, la muestra ARF presentó un mayor valor de I.P con un valor de 36,91 seguido de la muestra AZM con un I.P de 24,67, tras esto la muestra AAD presentó un I.P de 16,47 y por último la muestra que presentó menor índice de pardeamiento fue la ATM. Como a menor valor de I.P mayor coloración parda presentará la muestra, la más pardeada será la ATM y la que presentó menor pardeamiento de entre todas las muestras analizadas fue la ARF. Estos parámetros de color no se pueden comparar con la bibliografía científica actual ya que no se han realizado determinaciones sobre parámetros de color de las grasas obtenidas de los insectos comestibles anteriormente mencionados.

#### 4.4. Otros parámetros físico-químicos de las diferentes muestras de grasas de insectos comestibles

A continuación, en la **Tabla 4**, se presentan los valores de diversos parámetros físico-químicos determinados a las cuatro muestras de aceite de insectos comestibles.

**Tabla 4.** Propiedades físico-químicas de las grasas de insectos comestibles.

Muestra	Densidad (20 °C)	I.P	I.R	I.S	I.A. (% oleico)
AAD	866,02±0,71 <sup>c</sup>	15,24±0,40 <sup>a</sup>	1,453±0,02 <sup>c</sup>	489,61±25,99 <sup>b</sup>	27,42±0,02 <sup>c</sup>
ARF	877,05±0,63 <sup>a</sup>	6,37±0,48 <sup>b</sup>	1,458±0,02 <sup>b</sup>	1122,19±12,10 <sup>a</sup>	22,76±0,01 <sup>d</sup>
ATM	850,12±0,06 <sup>d</sup>	2,92±0,02 <sup>d</sup>	1,449±0,02 <sup>d</sup>	219,54±0,77 <sup>d</sup>	95,11±1,93 <sup>a</sup>
AZM	872,03±0,05 <sup>b</sup>	4,95±0,03 <sup>c</sup>	1,477±0,02 <sup>a</sup>	232,57±1,64 <sup>c</sup>	78,58±0,20 <sup>b</sup>

\* Densidad viene expresada en kg/m<sup>3</sup>; I.P: índice de peróxidos que viene expresado en miliequivalentes de O<sub>2</sub>/kg de muestra; I.R: índice de refracción es una constante adimensional; I.S: índice de saponificación que viene expresado en mg KOH/ g de muestra; I.A: índice de acidez que viene expresado en g de ácido oleico/100 g de muestra.

Valores seguidos de la misma letra dentro de la misma columna indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) según el test de rangos múltiples de Tukey.

En la **Tabla 4**, se puede observar que existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para la densidad entre todas las muestras, siendo la de mayor densidad la muestra ARF, seguida de la muestra AZM, AAD y por último la menos densa fue la muestra ATM. Estos valores presentan una correlación con el perfil lipídico, la densidad dependerá de la proporción de AG y del peso molecular de los mismos, es decir a mayor proporción de AG de cadena larga mayor densidad y viceversa. Por ello la muestra ARF fue la que presentó mayor contenido de AG de cadena corta (hasta 16 carbonos) y menos de AG saturados e insaturados de 18 carbonos o más. Sin embargo la

muestra ATM, presentó menor contenido de AG de hasta 16 carbonos y mayor proporción de AG con cadenas de 18 carbonos o más, de ahí su mayor densidad. En el estudio llevado a cabo por [Valdez y Untiveros, \(2010\)](#), se obtuvieron valores de densidad superiores a los del actual estudio para el ATM extraído del insecto en su fase larvar correspondiéndole unos valores de 907,6 kg/L. Estos valores de densidad obtenidos en el presente estudio, también son inferiores a los obtenidos para diversas grasas y aceites comerciales, por ejemplo para el aceite de oliva la densidad que presenta es de entre 914-919 kg/L; el aceite de soja presenta unos valores entre 924-928 kg/L; el de girasol entre 922-926 kg/L y la manteca de cacao entre 990-998 kg/L todos medidos a una temperatura de 15 °C ([Sayas-Barberá et al., 2001](#)). De lo que se resume que los aceites de insectos comestibles, presentan una menor densidad que el resto de aceites y grasas vegetales consultadas y por ello contendrán mayor proporción de AG de cadena corta que el resto de grasas.

El índice de peróxidos (I.P), es un parámetro que expresa los miliequivalentes (meq) de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de muestra, calculados a partir del yodo liberado al adicionar yoduro potásico. Dicho parámetro es utilizado para determinar el grado de oxidación inicial de un aceite y con ello su alteración, al tiempo que indica el deterioro que pueden haber sufrido ciertos compuestos antioxidantes del propio aceite ([Sayas-Barberá et al., 2001](#)). Según los datos obtenidos en la **Tabla 4**, existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las cuatro muestras analizadas para el IP, la que presentó una mayor oxidación inicial fue la muestra AAD, seguida de la muestra ARF con la mitad de meq de oxígeno/kg de muestra, después la muestra AZM con una oxidación inicial de 4,95 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra y finalmente la muestra de aceite que presentó una menor oxidación inicial fue la ATM con un valor de 2 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra. Si estos valores se comparan con la bibliografía científica existente para otros aceites o grasas de insectos, se han obtenido valores de 2,3 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra para el ATM ([Valdez y Untiveros, 2010](#)), dicho valor es un poco inferior al obtenido en este estudio (2,92 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra). El valor de I.P para muestras de aceites y grasas diferentes de las presentadas en este estudio, como es el caso de la rana toro (*Rana catesbeiana*), presentó unos valores de I.P entre 0,5 y 1,26 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra ([Perina et al., 2018](#)). A menor valor de I.P mayor calidad tendrá la grasa o aceite ya que esto significará que presenta una oxidación inicial también menor ([Perina et al., 2018](#)).

El índice de refracción (I.R), es la longitud de onda correspondiente a la línea D 589,3 nm de la luz de sodio. Se suele utilizar para la identificación de las grasas así como para detectar sus adulteraciones. El índice de refracción de una grasa está relacionado con su estructura y composición, aumenta con la longitud de la cadena hidrocarbonada y el número de enlaces dobles en dicha cadena ([Sayas-Barberá et al., 2001](#)). Así pues en la **Tabla 4**, se observa que las muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas muestras de aceite. La muestra que presentó un mayor valor de I.R fue la AZM, seguida de la muestra ARF, la AAD y por último aquella que presentó menor I.R fue la muestra ATM. Si se comparan estos resultados con la cantidad de ácidos grasos insaturados que presenta cada muestra analizada, se puede observar que, la muestra AZM fue la que presentó una mayor cantidad de ácidos grasos

saturados y por ello está correlacionado con que sean la muestra que presenta mayor I.R. Por otro lado, el resto de muestras (AAD y ATM) tienen menor cantidad de AGS y por ello presentaron un menor I.R. Si se comparan los I.R. obtenidos para las muestras de este estudio con la bibliografía existente, se observa que para la muestra ATM se obtuvieron valores inferiores que los del estudio llevado a cabo por [Valdez y Untiveros, \(2010\)](#), en el cual se presentó un índice de refracción de 1,4715 para el ATM. Los índices de refracción presentados para diversos aceites y grasas comerciales a una temperatura de 25 °C se encuentran comprendidos entre los valores 1,468-1,470 para el aceite de oliva virgen y refinado; 1,474-1,476 para el aceite de soja refinado; 1,463-1,472 para el aceite de algodón refinado; 1,472-1,474 para el aceite de girasol refinado y entre 1,453 y 1,458 para la manteca de cacao. Según los valores vistos, las muestras AAD y ARF presentan valores similares al I.R. de la manteca de cacao y la muestra AZM se encuentra con valores más cercanos al I.R. del aceite de girasol refinado ([Sayas-Barberá et al., 2001](#)).

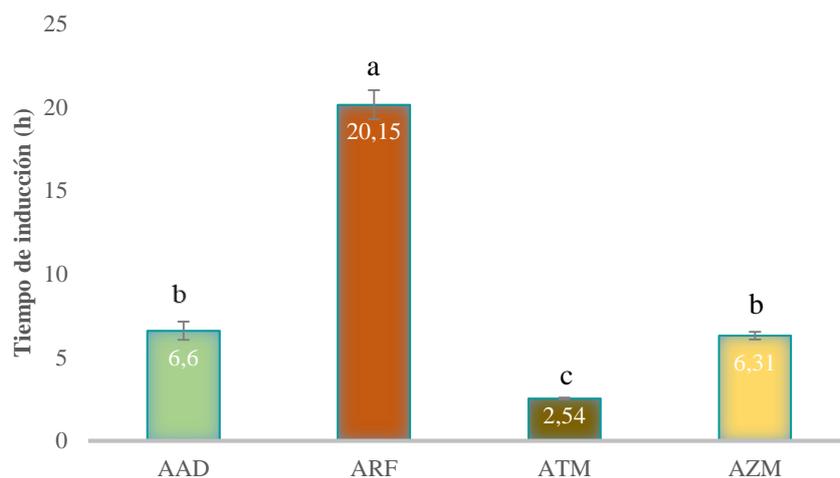
El índice de saponificación (I.S), expresa el peso de mg de hidróxido potásico necesario para saponificar 1 g de grasa, es decir la obtención de la sal alcalina de los ácidos grasos. Dicho índice está relacionado con el peso molecular medio de una grasa y se usa para la identificación de muestras de aceites de grasas desconocidas y para la estimación de la composición de mezclas de grasas. Para las cuatro muestras analizadas, también se dieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), se observa en la **Tabla 4**, que la muestra que presentó un mayor I.S fue la muestra ARF con un valor muy superior al de las demás muestras, seguida de la muestra AAD, la muestra AZM y por último la muestra ATM. Si se comparan estos valores obtenidos con la bibliografía existente, para el ATM en el presente estudio se obtuvieron valores de I.S superiores a los mostrados por ([Valdez y Untiveros, 2010](#)). El número de saponificación para las muestras en el estudio llevado a cabo por [Ramos-Bueno et al. \(2016\)](#) mostró valores inferiores a los obtenidos en este estudio. En concreto para la muestra AZM presentaron valores de número de saponificación de 197,4 mg KOH/g de muestra, para la muestra ATM valores de 191,8 mg KOH/g de muestra y para AAD de 192,3 mg KOH/g de muestra. Los valores de I.S obtenidos para diferentes grasas comestibles comerciales, se encuentran entre los valores de 184-196 mg KOH/ g de muestra para el aceite de oliva virgen, entre 186 y 195 mg KOH/ g de muestra para el aceite de soja refinado, entre 188 y 194 mg KOH/ g de muestra el aceite de girasol refinado, un I.S entre 168 y 181 mg KOH/ g de muestra para el aceite de colza refinado. Las grasas presentan valores de I.S más elevados como por ejemplo la manteca de cacao de vaca y de cerdo presentan valores de I.S entre 190-200; 210-233 y 190-202 mg KOH/ g de muestra respectivamente. En el caso de las muestras ATM y AZM presentan unos índices de saponificación cercanos a los de las mantecas de vaca y cerdo, pero para las muestras AAD y sobre todo la ARF se obtuvieron valores que duplicaban y quintuplicaban los valores del índice de saponificación de estas grasas con alto contenido en ácidos grasos saturados.

En cuanto al índice de acidez, expresado en % de ácido oleico, se observan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre todas las muestras de aceites de insectos comestibles, en concreto la muestra que mayor valor de acidez presentó fue la ATM con

un valor de 95,11 % de ácido oleico, seguida de la muestra AZM con un valor de 78,58 % de ácido oleico, la muestra AAD con una cantidad de ácido oleico de 27,42 % y por último la muestra ARF que presentó una acidez del 22,76 % de ácido oleico. Si estos valores se comparan con la bibliografía existente sobre aceites de insectos comestibles, en el estudio llevado a cabo por [Valdez y Untiveros, 2010](#), se obtuvo un valor de acidez de 1,64 % de ácido oleico para la muestra ATM, esta gran diferencia con los resultados del presente estudio, probablemente se deba al método empleado para la determinación de dicha acidez. En el estudio llevado a cabo por [Paucar-Mechado et al., 2015](#), los valores obtenidos para los índices de acidez de aceites provenientes de Sacha inchi, oliva y aceite crudo de pescado, presentaron valores expresados en % de ácido oleico de 1,08; 1,14 y 1,56 respectivamente.

#### 4.5. Estabilidad a la oxidación

La determinación de la estabilidad a la oxidación es un parámetro importante usado para establecer la calidad de estas grasas, dado que cuando se da oxidación lipídica esto puede desembocar en sabores y olores no deseados ([Choe y Min, 2006](#)). Para la mayoría de aceites existen criterios del máximo de oxidación, como los insectos constituyen una nueva matriz de alimentos hasta ahora no se han establecido criterios para sus aceites, pastas o productos derivados de los mismos. En general se conoce que los ácidos grasos insaturados son menos estables que los saturados y por ello más susceptibles a la oxidación lipídica, lo que puede contribuir al deterioro del producto ([Tao, 2015](#)). Los resultados de la estabilidad a la oxidación de las grasas de las diferentes muestras, se presentan en la **Figura 7**, en ella se puede ver como existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las diferentes muestras. En concreto, la muestra ARF fue la que mostró una mayor estabilidad a la oxidación con un tiempo de 20,15 h seguido de las muestras AAD y el AZM sin diferencias significativas entre sí ( $p > 0,05$ ) y la muestra que presentó menores tiempos de inducción y que por ello fue la más susceptible a la oxidación fue la ATM con un tiempo de 2,54 h. A mayor cantidad de ácidos grasos insaturados se puede esperar una mayor susceptibilidad a la oxidación en las muestras ([Maszewska et al., 2018](#)), así pues según los resultados anteriormente comentados, el ATM fue la que presentó mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, seguido de la muestra de AAD y sin diferencias significativas entre ARF y AZM con el menor contenido de ácidos grasos insaturados, por ello a priori ambas muestras deberían haber presentado tiempos de inducción similares. Pero se puede observar que la muestra ARF, contiene una mayor cantidad de AGS y un menor contenido de AGPI siendo en su gran mayoría AGMI los AGI, también fue la que presentó una intensa coloración rojiza lo que nos podría llevar a pensar que existe algún pigmento de naturaleza lipídica que proteja a la muestra de la oxidación y por ello la retarde.



**Figura 7.** Estabilidad a la oxidación de las grasas de los diferentes insectos comestibles.

Valores seguidos de la misma letra indican que no hay diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) según el test de rangos múltiples de Tukey.

En la bibliografía científica consultada no se ha realizado ningún estudio de la estabilidad oxidativa mediante este método para insectos. Por ello se van a comparar estos tiempos de inducción para las cuatro muestras de aceite de insectos con aceites y grasas de diversos orígenes. Si se comparan estos datos con los tiempos de inducción de algunos aceites vegetales, en el estudio llevado a cabo por [Gülmez y Şahin \(2019\)](#), para aceite de avellana sin tratar con antioxidantes a  $120^{\circ}$  presentó un tiempo de inducción de 6,17 h valores que se encuentran cercanos a los presentados por las muestras AAD y ATM. Los periodos de inducción para otros tipos de aceites vegetales se determinaron en el estudio llevado a cabo por [Duarte et al. \(2018\)](#), en concreto para aceite de colza, de oliva y de *Moringa oleifera*, con unos tiempos de 7,58; 23,43 y 23,68 h respectivamente, de estos resultados se puede decir que la muestra ARF tiene unos valores cercanos al aceite de oliva y de moringa. Este hecho quizás pueda ser debido a la elevada cantidad de ácido oleico (50%) de la muestra ARF. Sin embargo en general todas las grasas de insectos presentan valores superiores a los del aceite de lino, que en el estudio llevado a cabo por [Symoniuk et al. \(2016\)](#) se obtuvieron valores de tiempo de inducción a  $120^{\circ}\text{C}$  entre 0,39 y 0,76 h. En el estudio llevado a cabo por [Maszewska et al. \(2018\)](#), se determinaron los tiempos de inducción de diferentes aceites al mes y a los 12 meses de almacenamiento, obteniéndose valores en torno a las 5,02 h para el aceite de cacahuete y de colza; seguido de valores en torno a 4,5 h para los aceites de maíz y de salvado de arroz y por último el menor tiempo de inducción se observó en el aceite de pepitas de uva con un tiempo de 2,4 h.

Si se compara la estabilidad de los insectos con grasas animales como aceites de pescado, en concreto los tiempos de inducción para el aceite de anchoa, de sardina y de hígado de merluza fueron de 1,5; 0,7 y 0,7 h respectivamente a una temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  y con un flujo de aire de 20 L/h ([Méndez et al., 1996](#)). El aceite extraído de la rana toro (*R. catesberiana*) presentó valores de tiempo de inducción de 1,7 h ([Méndez et al., 1998](#)) aun teniendo un perfil lipídico parecido a la muestra AZM se ve que el aceite de éste presenta un tiempo superior de inducción de unas 3,5 veces a la de la rana toro. Existen estudios que han indicado una correlación de vida útil elevada para aceites con un periodo de inducción por el método Rancimat, con valores superiores a 6 h y con valores de peróxido inferiores a 2 mEq  $\text{O}_2/\text{kg}$  de aceite ([Duarte et al.,](#)

2018). Según esto tres de las cuatro muestras presentan tiempos de inducción superiores a las 6 h sin embargo todas las muestras como ya se vio anteriormente superan esa cantidad de peróxidos de 2 mEq de O<sub>2</sub>/kg de muestra.

## 5. CONCLUSIONES

1. Los extractos lipídicos analizados, desde el punto de vista nutricional presentan resultados destacables, debido a su elevado contenido en ácidos grasos insaturados. Todas las muestras analizadas presentaron un contenido superior al 60%. La muestra de aceite de *Tenebrio molitor*, presentó hasta un 75% de ácidos grasos insaturados, en concreto destacan en su contenido en ácido oleico y linoleico.
2. Las muestras presentan entre el 26 y el 41% de ácidos grasos saturados, siendo el mayoritario en la composición de todas las muestras analizadas el ácido palmítico.
3. Todas las muestras analizadas, presentan una relación de ácidos grasos saturados/ ácidos grasos insaturados inferior a 1, destacando el aceite de *Tenebrio molitor* como la de menor valor.
3. El aceite de *Tenebrio molitor*, es el que presenta el menor índice aterogénico e índice trombogénico y el valor mayor para la relación hipocolesterolémica-hipercolesterolémica características deseables para las grasas y aceites.
4. Todas las muestras presentan una muy baja densidad (850-877 kg/L), siendo el aceite de *Tenebrio molitor*, la menor de todas.
5. Todas las muestras presentan una oxidación inicial muy elevada, medida por el índice de peróxidos, destacando el aceite de *Acheta domesticus* con un valor de 15,24 meq O<sub>2</sub>/kg de muestra.
6. La muestra que presenta mayor estabilidad a la oxidación es la del aceite de *Rhynchophorus ferrugineus*, con un valor aproximado de 20 h, tiempo superior al de otros aceites y grasas tanto animales como vegetales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez (ISO 660:2009).
- Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de saponificación. (ISO 3657:2013).
- Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de refracción. (ISO 6320:2017).
- Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de peróxido. Determinación del punto final yodométrico (visual). (ISO 3960:2017).
- Adámková, A., Mlček, J., Kouřimská, L., *et al.* (2017). Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *Journal Environment Research and Public Health*, 14, 521- 531.
- Ali, O.M., Chu, K.L y Wang, C.W. (2006). Neutral lipid profile of sago worm, the larva of weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Natural Resources Engineering and Technology*, 24-25 July, Putrajaya, Malasia.
- Alves, A. V., Sanjinez-Argandoña, E. J., Linzmeier, A. M., *et al.* (2016). Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. *Plos One*, 11(3), 1-11.
- AOAC. (2010). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*. 18<sup>th</sup> Edition, Washington, DC.
- Apolo-Arévalo, L.A. e Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia (Lima)*, 17, 155-167.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., *et al.* (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, 193-201.
- Becerra-Herrera, M., Vélez-Martín, A., Ramos-Merchante, A. *et al.* (2018). Characterization and evaluation of phenolic profiles and color as potential discriminating features among Spanish extra virgin olive oils with protected designation of origin. *Food Chemistry*, 241, 328-337.
- Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., *et al.* (2013). Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61, 587-593.
- Belluco, S., Halloran, A. y Ricci, A. (2017). New protein sources and food legislation: the case of edible insects and EU law. *Food Security*, 9, 803-814.
- Bukkers, S.G.F. (2005). Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects, in: M.G. Paoletti (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock; Role of Rodents, Frogs, Snails, and Insects for Sustainable Development*. Science Publishers, New Hampshire 2005, 545-577.
- Choe, E y Min, D.B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 169-186.
- Cito, A., Longo, S., Mazza, G., *et al.* (2017). Chemical evaluation of the *Rhynchophorus ferrugineus* larvae fed on different substrates as human food source. *Food Science and Technology International*, 23, 529-539.
- CAGPDSJA (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible), Junta de Andalucía. [<https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollosostenible/areas/agricultura/sanidad-vegetal/paginas/organismos-nocivos-picudo-rojo.html>]. (Acceso en Junio de 2019).

- De Smet, J., Lenaerts, S., Borremans, A., *et al.* (2019). Stability assessment and laboratory scale fermentation of pastes produce don a pilot scale from mealworms (*Tenebrio molitor*). *LWT-Food Science and Technology*, 102, 113-121.
- Derrien, C. y Boccuni, A. (2018). Current status of the insect producing industry in Europe. En: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Afton Halloran, Roberto Flore, Paul Vantomme y Nanna Roos. Springer International Publishing AG, Switzeland. Pp 471-479.
- Duarte, A.M., Aquino, J.S., Queiroz, N., *et al.* (2018). A comparative study of the thermal and oxidative stability of moringa oil with olive and canola oils. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134, 1943-1952.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2014). Conferencia internacional: Aprovechar el potencial de los insectos para la alimentación animal. [<http://www.fao.org/news/story/es/item/231855/icode/>]. (Acceso Junio 2019).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2017). Innovative participatory approach to control Red Palm Weevil on date palms in Mauritania. [<http://www.fao.org/in-action/kore/good-practices/good-practices-details/en/c/1096100/>]. (Acceso en Junio de 2019).
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization).(2007).Food Labelling. Rome, FAO. [[http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Labelling/Labelling\\_2007\\_EN.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Labelling/Labelling_2007_EN.pdf)]. (Acceso en Junio 2019).
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization). (2008). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta De Expertos. Ginebra, FAO. [<http://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>]. (Acceso en Septiembre de 2019).
- FAO y WUR (Food and Agriculture Organization of the United Nations y Wageningen University Research). (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: FAO. [<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>]. (Acceso en Junio 2019).
- Fernandes, C. E., Vasconcelos, M. A., Ribeiro, M., *et al.* (2014). Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry*, 160, 67-71.
- Fernández, M., Ordoñez, J. A., Cambero, I., *et al.* (2007). Fatty acids compositions of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional implications. *Food Chemistry*, 101, 107-112.
- Finke, M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21, 269-285.
- Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., *et al.* (2011). Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition. *Ecology of Food and Nutrition*, 50(4), 351-367.
- Gallo, M. (2019). Novel foods: insects - safety issues. En: *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Pasquale Ferranti, Elliot Berry Anderson Jock. Elsevier. Amsterdam, Holanda. Pp 294-299.
- Güerri-Agulló, B., Gómez-Vidal, S., Asensio, L., *et al.* (2010). Infection of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) by the entomopathogenic *Fungus Beauveria bassiana*: A SEM study. *Microscopy Research and Techique*, 73, 714-725.

- Gülmez, Ö. y Şahin, S. (2019). Evaluation of oxidative stability in hazelnut oil treated with several antioxidants: kinetics and thermodynamics studies. *LWT- Food Science and Technology*, 111, 478-483.
- Halloran, A., Hansen, H.H., Jensen, L.S., *et al.* (2018). Comparing environmental impacts from insects for feed and food as an alternative to animal production. En: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Afton Halloran, Roberto Flore, Paul Vantomme y Nanna Roos. Springer, Switzeland. Pp 163-180.
- Haiyan, Z., Bedgood Jr., D.R., Bishop, *et al.* (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry*, 100, 1544-1551.
- Hussein, L., Ali, M., Abouelhassan, A., *et al.* (2001). Assessment of the fatty acid patterns in vegetable oils, fats and fat-rich foods commonly consumed in Egypt. *Grasas y Aceites*, 52, 163-170.
- Jongema, Y. (2017). List of edible insect species of the world. Wageningen University. [[www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/](http://www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/)]. (Acceso Junio 2019).
- Kouřimská, L. y Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26.
- Liu, C. y Zhao, J. (2019). Insect as a Novel Food. En: *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Pasquale Ferranti, Elliot Berry Anderson Jock. Elsevier. Amsterdam, Holanda. Pp 416-421.
- Lombardi, A., Vecchio, R., Borello, M., *et al.* (2019). Willingness to pay for insect-based food: The role of information and carrier. *Food Quality and Preference*, 72, 177-187.
- Mancini, S., Moruzzo, R., Riccioli, F., *et al.* (2019). European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Research International*, 122, 661-678.
- Maszewska, M., Florowska, A., Dlużewska, E., *et al.* (2018). Oxidative stability of selected edible oils. *Molecules*, 23(7), 1746.
- Méndez, E., Sanhueza, J., Speisky, H., *et al.* (1996). Validation of the rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1033-1037.
- Méndez, E., Sanhueza, J., Nieto, S., *et al.* (1998). Fatty acid composition, extraction, fractionation, and stabilization of bullfrog (*rana catesbeiana*) oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 67-71.
- Oonincx, D.G.A.B. y Dierenfeld, E. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 31, 40-54.
- Paucar-Menacho, L.M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., *et al.* (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), olive oil (*Olea europea*) and fish oil. *Scientia Agrepecuaria*, 6, 279-290.
- Paul, A., Frederich, M., Caparros, R., *et al.* (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 337-340.
- Payne, C.L.R., Scarborough, P., Rayner, M., *et al.* (2016). Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70, 285-291.

- Perina, H., Santos, K.A., Fiorese, M.L., *et al.* (2018). Oil Extraction from *Rana catesbeiana* by Supercritical Carbon Dioxide and Mechanical Pressing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95, 1575-1285.
- Ramos-Bueno, R.P., González-Fernández, M.J., Sánchez-Muros-Lozano, M.J., *et al.* (2016). Fatty acid profile and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology*, 242, 1471-1477.
- Roos, N. (2018). Insect and Human Nutrition. En: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Afton Halloran, Roberto Flore, Paul Vantomme y Nanna Roos. Springer International Publishing AG, Switzeland. Pp 83-91.
- Rumpold, B.A. y Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, 802-823.
- Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G. y Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27.
- Santurino, C., García-Serrano, A., Molina, J., *et al.* (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. *Alimentación Nutrición y Salud*, 23, 50-56.
- Sayas-Barberá, M.E., Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., *et al.* (2001). Manual de laboratorio en industria de aceite y grasas. Universidad Miguel Hernández, Elche, España.
- Schulte, R. (1996). El manejo de *Zophobas morio* en climas tropicales húmedos. *Folia Amazónica*, 8, 47-75.
- Schlup, Y. y Brunner, T. (2018). Prospects for insects as food in Switzerland: A tobit regression. *Food Quality and Preference*, 64, 37-46.
- Sogari, G., Menozzi, D. y Mora, C. (2019). The food neophobia scale and young adults' intention to eat insect products. *International Journal of Consumer Studies*, 43, 68-76.
- Soraes, R.R., dos Santos, T.A.R, Perpetua, V., *et al.* (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: potetial foods harvest in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22-26.
- Symoniuk, E., Ratusz, K. y Krygie, K. (2016). Comparison of the oxidative stability of linseed (*Linum usitatissimum L.*) oil by pressure differential scanning calorimetry and Rancimat measurements. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3986-3995.
- Tao, L. (2015). Oxidation of polyunsaturated fatty acids and its impact on food quality and human health. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*, 1, 135-142.
- Turan, H., Sönmez, G., y Kaya, Y. (2007). Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black sea. *Journal of Fisheries Sciences*, 1, 97-103.
- Tzompa-Sosa, D., Yi, L., van Valenberg, H.J.F., *et al.* (2014). Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based methods. *Food Research International*, 62, 1087-1094.
- Ulbricht, T. y Southgate, D. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985-992.
- Valdez, C. y Untiveros, G. (2010). Extracción y caracterización del aceite de las larvas del *Tenebrio molitor*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76, 407-414.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review Entomology*, 58, 563-583.

- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., *et al.* (2013). Edible insect: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security?. *Agriculture and Food Security*, 4, 20-28.
- Van Mierlo, K., Rohmer, S. y Gerdessen, J. C. (2017). A model for composing meat replacers: reducing the environmental impact of our food consumption pattern while retaining its nutritional value. *Journal of Cleaner Production*, 165, 930-950.
- Zachariassen, K. (1996). The water conserving physiological compromise of desert insects. *European Journal Entomology*, 93, 359-367.

